

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

ETORY FELLER SPERANDIO

**RADIOATIVIDADE NATURAL E COMPOSIÇÃO DAS AREIAS  
DA PRAIA DE CAMBURI (VITÓRIA – ES, BRASIL)**

VITÓRIA  
2011

ETORY FELLER SPERANDIO

**RADIOATIVIDADE NATURAL E COMPOSIÇÃO DAS AREIAS  
DA PRAIA DE CAMBURI (VITÓRIA – ES, BRASIL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Física do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Física, na área de física aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu D'Azeredo Orlando

VITÓRIA  
2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

Sperandio, Etory Feller, 1986 -  
Radioatividade natural e composição das areias da praia de camburi (Vitória – ES,  
Brasil)/ Etory Feller Sperandio – 2011

Orientador: Marcos Tadeu D'Azeredo Orlando  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de  
Ciências Exatas.

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
Centro de Ciências Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Física

---

ETORY FELLER SPERANDIO

## **RADIOATIVIDADE NATURAL E COMPOSIÇÃO DAS AREIAS DA PRAIA DE CAMBURI (VITÓRIA – ES, BRASIL)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós – Graduação em Física da Universidade do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Física.  
Aprovada em 09 de dezembro de 2011.

### **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

*Prof. Dr. Marcos Tadeu D'Azeredo Orlando*  
*Orientador*  
*Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)*

---

*Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Jacyra Ramos Soares*  
*Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG)*  
*Universidade de São Paulo (USP)*

---

*Prof. Dr. Caio Vinícius Gabrig Turbay Rangel*  
*Centro de Ciências Agrárias (CCA)*  
*Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)*

---

*Prof. Dr. Humberto Belich Jr*  
*Centro de Ciências Exatas (CCE)*  
*Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)*



*Dedico esse trabalho a meus pais, Gabriel Sperandio e Maria Elena Feller Sperandio, que mesmo sem porem os pés em uma Universidade, nunca me deixaram esmorecer frente aos desafios encontrados, me dando força e incentivo para galgar degraus que jamais pensei alcançar. São a prova viva que o conhecimento extrapola as fronteiras da Academia. Obrigado.*

# Agradecimentos

Até mesmo o mais estonteante castelo era, no princípio, apenas um amontoado de grãos de areia. E, aqui, cada grão foi imprescindível e indispensável na construção deste trabalho. Por isso, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para o desenvolvimento dessa dissertação e, em especial, para:

O Prof. Dr. Marcos Tadeu D'Azeredo Orlando pelo árduo trabalho de coleta de areia e de orientação com exímias ideias, sugestões e críticas. Agradeço, também, pela paciência e compreensão, qualidades tão raras que não me deixaram abandonar a nau em que estávamos mesmo diante das mais horríveis tormentas.

O amigo Arthur Sant'Ana Cavichini pela incansável coleta de areia, mesmo sob chuva ou sol forte, e pelas infundáveis contagens radiométricas em laboratório. Sua amizade e companheirismo tem grande apreço por mim.

Os amigos Evandro Giuseppe Betini e Thierry Ramos Lopes pela amizade, confiança e extenuante coleta de areias.

Os amigos Valdi Antônio Rodrigues Júnior, Janaína Bastos Depianti e Danilo Oliveira de Souza pelas colaborações, instruções e auxílios dentro e fora do laboratório.

Herta Carolina Nicolini Pinto, minha companheira e namorada, pelos trabalhos de correção e formatação. Sua paciência, carinho e respeito foram essenciais para o êxito desta dissertação.

Gabriela Feller Sperandio, minha irmã, pelo apoio e incentivo.

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro.

*“Já mandei o artigo de vocês há muito tempo. Vocês são suficientemente jovens para se permitirem algumas imprudências.”*

*Paul Ehrenfest em conversa com Samuel Goudsmit e George Uhlenbeck sobre a ideia do spin eletrônico. The Conceptual Development of Quantum Mechanics, de Max Jammer, McGraw-Hill, 1966.*

## Resumo

Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) [32], o Brasil, até o ano de 2009, havia prospectado apenas 25% do seu território e figurava no primeiro e sexto lugares como detentor das maiores jazidas mundiais de tório e urânio, respectivamente. Parcelas significativas desses elementos são encontrados em areias monazíticas e têm sido explorados comercialmente pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB) desde a década de 1980 [31]. Reconhecendo a significativa importância dos minerais do complexo monazítico no crescimento de uma indústria nascente, como a dos países emergentes, se faz necessário mapear e avaliar os depósitos sazonais de monazita que ocorrem em todo litoral brasileiro. Neste contexto, o Espírito Santo desponta com um litoral recortado com cerca de 500 quilômetros de extensão e marcada presença de areias monazíticas ricas em urânio (U), tório (Th) e cério (Ce), ainda pouco exploradas. Este trabalho se propõe a analisar os depósitos sazonais de monazita encontrados na Praia de Camburi, em Vitória, capital do Espírito Santo. O levantamento completo das manchas escuras, típicas das areias popularmente conhecidas como monazíticas, permitiram estudar a composição e o comportamento radiométrico característicos de seus locais de ocorrência por meio de uma série temporal. Inúmeras amostras de areia foram coletadas, catalogadas e armazenadas em frascos de polietileno de alta densidade. As contagens radioativas, realizadas a partir de um contador Geiger-Müller, revelaram diferenças marcantes entre os três setores da praia e destacaram Camburi em relação as praias vizinhas. A separação magnética das areias expôs duas frações distintas em coloração e conteúdo radiométrico. A composição do conjunto de grãos foi analisada, então, com o uso da técnica de difração raios-X e dos recursos de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

## Abstract

According to the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) [32], Brazil, by the year 2009, had prospected only 25% of its territory and appeared in the first and sixth place as the holder of the world's largest deposits of thorium and uranium, respectively. Substantial portions of these elements are found in monazite sands and has been exploited commercially by the Nuclear Industries of Brazil (INB) from the 80's [31]. Recognizing the significant importance of the complex mineral monazite growth in an incipient industry such as emerging countries, it is necessary to map and assess the seasonal deposits of monazite occurring throughout the Brazilian coast. In this context, the Espírito Santo emerges with a jagged coastline with about 310 miles long and marked presence of sands rich in uranium (U), thorium (Th) and cerium (Ce) is still unexplored. This study aims to analyze the seasonal deposits of monazite found in Camburi Beach in Vitoria, capital of Espírito Santo. The complete survey of the dark spots, typical of monazite sands popularly known as, allowed to study the composition and behavior radiometric characteristics of their places of occurrence by means of a temporal series. Several sand samples were collected, cataloged and stored in bottles of high density polyethylene. The radioactive counts, made from a Geiger-Müller counter, revealed marked differences between the three sectors of the beach and stood out against Camburi the nearby beaches. The magnetic separation of the sand fractions exhibited two distinct colors and radiometric content. The composition of the whole grain was analyzed, then, using the technique of X-ray diffraction and resources of scanning electron microscopy (SEM).

## Lista de Figuras

Figura 2.1 – (a) Destaque do mapa do Espírito Santo [4] e (b) Imagem de satélite obtida a partir do Google Earth, com destaque para a Praia de Camburi .....	20
Figura 2.2 – Gráfico climático de Vitória. Em vermelho, as temperaturas médias mensais em °C e, em azul, as precipitações em mm [5] .....	21
Figura 2.3 – Histograma de alturas e períodos das ondas obtidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), entre março de 1979 a setembro de 1980, nos arredores do Porto de Tubarão, Vitória [6,11] .....	22
Figura 2.4 – Batimetria da região da Baía do Espírito Santo [13] .....	23
Figura 2.5 – Padrão de chegada das ondas na Baía do Espírito Santo, no qual as setas indicam o sentido e a direção do trem de ondas e as cores indicam a altura das ondas. (a) padrão de entrada de ondas de NE (45° a partir do N); (b) padrão de chegada das ondas de E-SE (105° a partir do N); (c) padrão de chegada das ondas de S-SE (170° a partir do N) [12] .....	24
Figura 2.6 – Praia de Camburi ao final da década de 60 [35] .....	26
Figura 2.7 – Diagrama de dois espigões [8] .....	27
Figura 3.1 – Da esquerda para a direita: ilmenita ( titanato de ferro), rutilo ( dióxido de titânio) e zirconita ( silicato de zircônio) [15] .....	29
Figura 3.2 – Exemplo de pomada radioativa [20] .....	32

Figura 5.1 – Micrografia eletrônica de um filamento de W [25] .....	40
Figura 5.2 – Representação esquemática do MEV [25] .....	40
Figura 5.3 – Origens do sinal no MEV [25] .....	42
Figura 5.4 – Imagem por elétrons secundários de grãos de pólen [26] .....	42
Figura 5.5 – Espectro de elétrons que deixam a amostra [25] .....	44
Figura 6.1 – Exemplo de manchas escuras na areia. Região de Iemanjá, Camburi, outubro de 2009. As conchas brancas possuem cerca de 1 cm de diâmetro. Acervo pessoal .....	47
Figura 6.2 – Tarja identificadora utilizada como rótulo das amostras coletadas .....	47
Figura 6.3 – (a) Detalhe dos pontos de coleta na região de Iemanjá. Google Earth. (b) Fotografia da região de Iemanjá. Acervo Pessoal .....	48
Figura 6.4 – (a) Detalhe dos pontos de coleta na região de Oficiais. Google Earth. (b) Fotografia da região de Oficiais. Acervo Pessoal .....	48
Figura 6.5 – (a) Detalhe dos pontos de coleta na região de Entre Piers. Google Earth. (b) Fotografia da região de Entre Piers. Acervo Pessoal .....	49
Figura 6.6 – (a) Detalhe dos pontos de coleta na região de Sereias. Google Earth. (b) Fotografia da Região de Sereias [33] .....	49
Figura 6.7 – (a) Detalhe dos pontos de coleta na região de Jacaraípe. Google Earth (b) Fotografia da região de Jacaraípe [34] .....	50
Figura 7.1 – Contagens médias por massa das amostras de Iemanjá .....	52
Figura 7.2 – Contagens médias por massa das amostras de Oficiais .....	52
Figura 7.3 – Contagens médias por massa das amostras de Entre Piers .....	53

Figura 7.4 – Contagens médias por massa das amostras de Sereias .....	53
Figura 7.5 – Contagens médias por massa das amostras de Jacaraípe .....	54
Figura 7.6 – Dispersão percentual das medidas em relação ao valor médio calculado para cada região estudada .....	55
Figura 7.7 – Contagens simples por massa das frações da amostra 01 de Iemanjá .....	56
Figura 7.8 – Amostra 01 de Iemanjá. (a) Fração branca. (b) Fração preta. Acervo pessoal .....	58
Figura 7.9 – Amostra 01 de Iemanjá. (a) Difratoograma normalizado da fração branca. (b) Difratoograma normalizado da fração preta .....	58
Figura 7.10 – Amostra 08 de Entre Piers. (a) Difratoograma normalizado da fração branca. (b) Difratoograma normalizado da fração preta .....	59
Figura 7.11 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 2.000 vezes e análise EDS para o ponto 1 .....	62
Figura 7.12 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 3.000 vezes e análise EDS para os pontos 1e 2 .....	63
Figura 7.13 – Imagem por elétrons secundários com ampliação de 60 vezes .....	64
Figura 7.14 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque .....	65
Figura 7.15 – Imagem por elétrons secundários com ampliação de 100 vezes .....	66
Figura 7.16 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque .....	66



Figura 7.17 – Imagem por elétrons secundários com ampliação de 200 vezes .....	67
Figura 7.18 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 200 vezes e análise EDS dos pontos em destaque .....	67
Figura 7.19 – Imagem por elétrons secundários com ampliação de 400 vezes .....	68
Figura 7.20 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 400 vezes e análise EDS dos pontos em destaque .....	68
Figura 7.21 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque .....	70
Figura 7.22 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque .....	71
Figura 7.23 – Imagem por elétrons secundários com ampliação de 100 vezes .....	72
Figura 7.24 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque .....	72
Figura 7.25 – Imagem por elétrons secundários com ampliação de 100 vezes .....	73
Figura 7.26 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque .....	74

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Características dos minerais encontrados nas areias monazíticas [16]	
.....	30
Tabela 7.1 – Composição das frações preta e branca da amostra 01 da região de Iemanjá	
.....	59
Tabela 7.2 – Composição das frações preta e branca da amostra 08 da região de Entre Piers	
.....	60

# SUMÁRIO

Capítulo 1 Introdução.....	16
Capítulo 2 A Praia de Camburi.....	19
2.1 – Aspectos Geográficos.....	19
2.2 – Aspectos Climáticos.....	20
2.2.1 – Clima Local.....	20
2.2.2 – Regime de Ventos.....	21
2.2.3 – Ondas.....	21
2.2.4 – Marés.....	25
2.3 – Aspectos Históricos.....	25
Capítulo 3 Areias Monazíticas.....	29
Capítulo 4 Teoria Básica de Erros.....	33
Capítulo 5 Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).....	37
5.1 – Histórico.....	37
5.2 – Constituintes.....	39
5.3 – Origem do Sinal.....	41
Capítulo 6 Materiais e Métodos.....	46
Capítulo 7 Resultados e Discussões.....	51
7.1 – Contagem Radioativa das Amostras.....	51
7.2 – Resultados da Difração de Raios X.....	57
7.2.1 – Iemanjá.....	57
7.2.2 – Entre Piers.....	59
7.3 – Resultados das Medidas de Microscopia (MEV).....	60
7.3.1 – Iemanjá.....	61
7.3.1.1 – Grãos separados magneticamente, moídos e peneirados em malha de 20 µm.....	62
7.3.1.1.1 – Fração Branca.....	62
7.3.1.1.2 – Fração Preta.....	63
7.3.1.2 – Grãos submetidos ao processo de separação granulométrica.....	64
7.3.1.2.1 – Grupo I (grãos com diâmetro maior que 100 µm).....	64
7.3.1.2.2 – Grupo II (grãos com diâmetro entre 53 e 100 µm).....	66

7.3.1.2.3 – Grupo III (grãos com diâmetro entre 38 e 53 µm).....	67
7.3.1.2.4 – Grupo IV (grãos com diâmetro inferior a 38 µm).....	68
7.3.2 – Oficiais.....	69
7.3.2.1- Fração Branca.....	70
7.3.2.2- Fração Preta.....	71
7.3.3 – Entre Piers.....	71
7.3.3.1 – Fração Branca.....	72
7.3.3.2 – Fração Preta.....	73
Capítulo 8 Conclusão.....	75
Referências Bibliográficas.....	78
Anexos.....	83

# Capítulo 1

## Introdução

Camburi é a principal praia da cidade de Vitória. Localizada na porção norte do município, em sua parte continental, ela sofre desde a década de 1960 com problemas de erosão e ocupação desenfreada causada pela rápida urbanização. Após vários registros de avanços do mar, deposição de sedimentos sobre o calçadão e redução da faixa de areia, a praia passou por dois processos de engorda artificial. O primeiro, no início da década de 1980, não trouxe bons resultados. O segundo, iniciado no final do ano de 1999, com mais de 1 milhão de metros cúbicos de areias retiradas da zona submersa adjacente à praia, tornando-a mais refletiva e estável. Hoje, a praia possui 6 quilômetros de extensão com uma larga faixa de areia e abriga inúmeras áreas de recreação.

Não é rara a presença de manchas escuras na região de espraçamento, compostas por uma assembleia de minerais pesados e popularmente chamadas de areias monazíticas, que variam em extensão, local de aparecimento e permanência na praia.

A monazita é um conjunto de minerais de terras raras comumente associada a minerais resistentes, pesados e insolúveis como a ilmenita e a zirconita. O termo monazita provém do grego *monazein* e significa *estar solitário*, nome que está intrinsecamente ligado à raridade de se encontrar esse conjunto de minerais [14].

O objetivo do presente trabalho é entender o comportamento radiométrico dos diversos setores da Praia de Camburi a partir de um levantamento que respeita a variação espaço-temporal do aparecimento das manchas escuras na areia. Dessa forma, a praia pôde ser analisada em toda a sua complexidade [12, 27], rompendo o paradigma de homogeneidade de suas areias.

Para tanto, o capítulo 2 destina-se à contextualização da Praia da Camburi a partir de seus aspectos geográficos, climáticos e históricos. Dados relativos aos modelos de circulação da baía, ao aporte de sedimentos e à ação humana sobre a praia são decisivos para a formulação de questionamentos pertinentes e para a correta interpretação dos resultados encontrados .

No capítulo 3, a monazita é detalhada a partir das diversas informações encontradas na literatura. Sua composição mineralógica e seu comportamento magnético são o ponto de partida para a descrição das frações preta e branca das areias estudadas. A concentração de radioisótopos típicos é suscitada e dá luz ao entendimento da radioatividade.

O capítulo 4 é uma breve revisão sobre a teoria básica de erros a fim de nortear o tratamento estatístico dado ao grande volume de medidas e suas incertezas. Sua fundamentação foi relevante para a construção das tabelas apresentadas no anexo A.

O princípio de funcionamento do microscópio eletrônico de varredura (MEV) é descrito com propriedade no capítulo 5. A principal contribuição do capítulo é a compreensão acerca da origem dos sinais utilizados neste trabalho. Imagens formadas a partir de elétrons secundários e retroespalhados têm suas propriedades descritas e contribuem para a visualização da topografia, da composição química e das fases das amostras analisadas.

O capítulo 6 contém informações sobre o método de coleta e armazenamento das areias. A divisão da praia em setores é exposto a partir de marcos importantes na orla e é apresentada a ficha de catalogação dos recipientes que acondicionam os sedimentos coletados. Por fim, são mostrados mapas de cobertura e fotografias das regiões onde a coleta foi realizada.

No capítulo 7, os resultados das medidas são apresentados e os aspectos mais importantes são apontados e discutidos. O capítulo possui informações relevantes sobre o conteúdo radiométrico da praia, a composição cristalográfica dos minerais

que compõem a areia e sobre o conteúdo químico das amostras submetidas à análise MEV/EDS.

A conclusão, no capítulo 8, aponta diferenças entre os resultados obtidos e os observados em outros trabalhos, além de lançar vistas a um novo modelo de entendimento do ambiente praial. Por fim, precauções e perspectivas são dirigidas aos novos trabalhos.

## **Capítulo 2**

### **A Praia de Camburi**

#### **2.1 – Aspectos Geográficos**

As praias têm como principal função ambiental a proteção da ação direta e truculenta dos oceanos contra o continente [1] mantendo o equilíbrio dinâmico da sedimentação costeira. A origem do sedimento da praia pode ser fluvial, de transporte longitudinal ou de aporte frontal oriundos da plataforma continental [10].

A Praia de Camburi é uma bela enseada com 6 km de extensão ao norte da parte continental do município de Vitória no Espírito Santo. É a maior e principal praia do município, abrigando inúmeras áreas de lazer e recreação. Resultado de um fenômeno comum na costa leste e sul brasileiras, seu processo formador é fruto do trabalho de transporte e deposição de sedimentos por alguns milhares de anos. Está limitada ao sul por um afloramento cristalino representado pela Ilha do Fato e Ponta Formosa (Morro do Colégio Sagrado Coração de Maria, coordenadas 20°15' Sul (S) 40°15' Oeste (O)), e ao norte por uma saliência dos Tabuleiros da Formação de Barreiras e pelo Porto de Tubarão (coordenadas 20°17' S 40°17' O) [2, 3, 12].



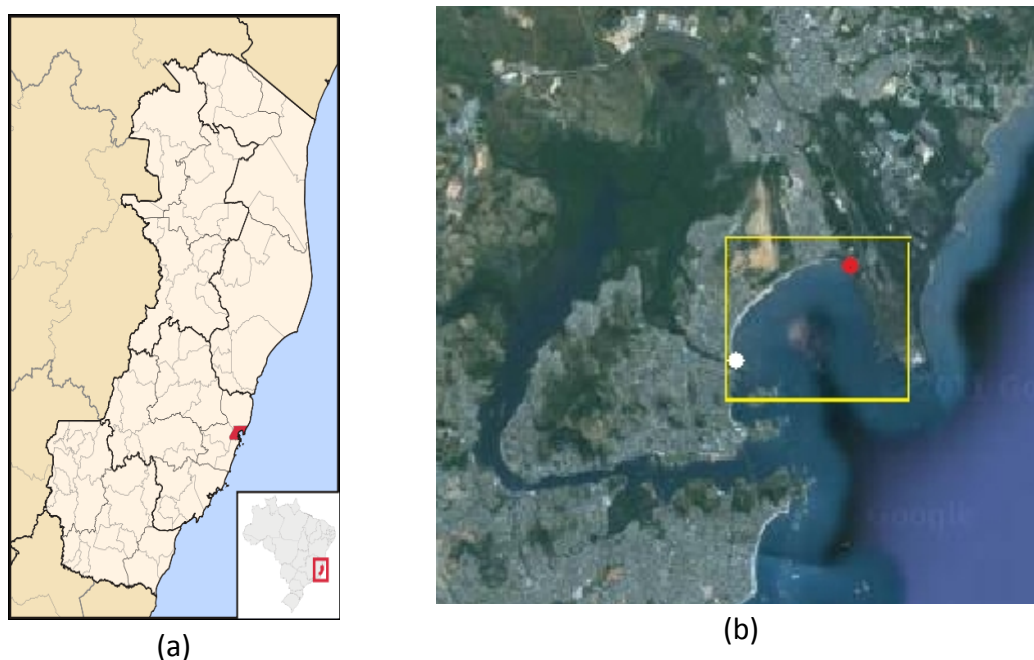


Figura 2.1 – (a) Destaque do mapa do Espírito Santo [4] e (b) Imagem de satélite obtida a partir do Google Earth, com destaque para a Praia de Camburi. O ponto branco representa o pôr de lemanjá, no início da praia com coordenadas  $20^{\circ} 14' 34''$  S,  $40^{\circ} 17' 17''$  O. O ponto vermelho, mais ao norte delimita o final da praia com coordenadas  $20^{\circ} 15' 57''$  S,  $40^{\circ} 15' 29''$  O.

## 2.2- Aspectos Climáticos

### 2.2.1- Clima local

Esse trecho de litoral possui clima tipo W pseudo-equatorial, classificação de Köppen, que compreende um período chuvoso na primavera e no verão, e, uma estação seca durante o outono e o inverno que podem registrar precipitações frontais devido à chegada de massas polares. A temperatura média é de 23 graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), ficando a máxima entre  $28^{\circ}$  e  $30^{\circ}\text{C}$  e a mínima em torno dos  $15^{\circ}\text{C}$  [11]. A baixa amplitude térmica é resultado direto dos efeitos da maritimidade. Os índices pluviométricos estão entre 50 milímetros (mm) no inverno e 200 mm no verão.

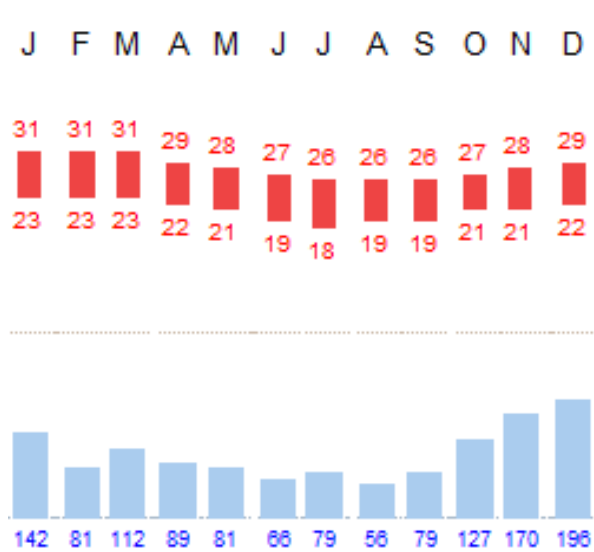


Figura 2.2 – Gráfico climático de Vitória. Em vermelho, as temperaturas máximas e mínimas mensais em °C e, em azul, as precipitações em mm [5].

### 2.2.2 Regime de ventos

Existem dois tipos principais de ventos na região: os alísios, que sopram do quadrante nordeste (NE) com maior frequência, e os ventos de sudeste (SE), em geral mais intensos que os alísios, estão diretamente associados à chegada de frentes frias na costa capixaba [11].

### 2.2.3 Ondas

A dinâmica eólica afeta a formação de ondas no litoral, responsável pelo processo erosivo da praia. A taxa de transporte de areia mais significativa acontece na zona de arrebatamento devido à suspensão, turbulência e movimentação de sedimentos. Dessa forma, a erosão praial pode se dar em dois processos: longitudinal, ao longo da linha de costa, e transversal, ao longo do vetor de onda normal às frentes de onda.

As ondulações provenientes do setor sul-sudeste (S-SE) são mais energéticas que as do quadrante NE e por isso provocam maior deslocamento de sedimentos apesar de serem menos constantes do que as segundas. As ondas possuem uma altura média de 0,9 metros (m) e uma frequência típica de 5 a 6,5 segundos (s) (figura 2.3).

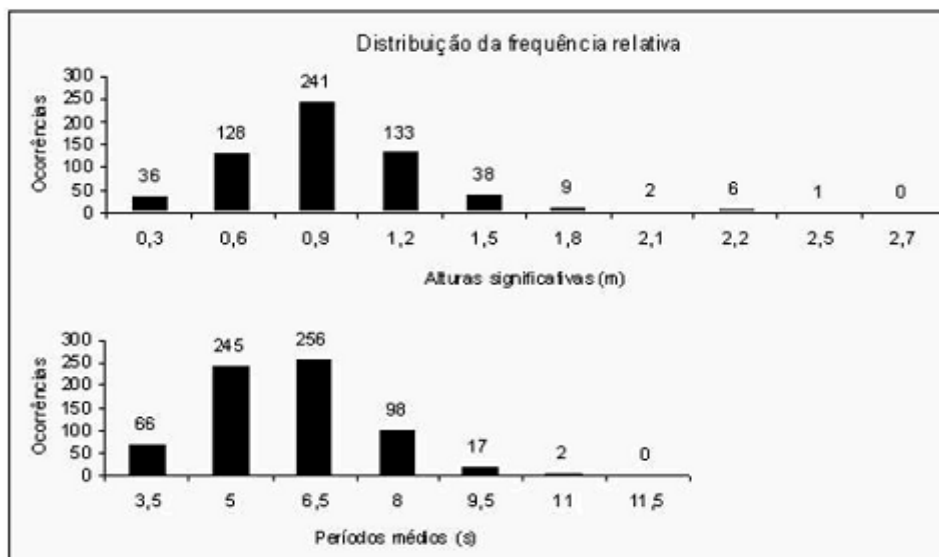


Figura 2.3 – Histograma de alturas e períodos das ondas obtidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), entre março de 1979 a setembro de 1980, nos arredores do Porto de Tubarão, Vitória [6, 11].

As simulações do padrão de entrada de ondas na Baía do Espírito Santo permitiram observar que, por efeito da refração, as ondas sofrem a dissipação dentro da referida baía aproximadamente entre as isóbatas de 25 e 30 m, onde começam a sentir o fundo e ficam paralelas a costa (figura 2.4), chegando à praia. [6, 12].

A Ponta de Tubarão protege a baía contra as ondas incidentes do quadrante NE desenvolvendo uma área com ondas inferiores a 0,3 m, ela é ainda responsável pela difração das ondas que passam de NE para SE, terminando praticamente incidente de S, dentro da baía, próximo à linha de costa. Margeando a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), sob efeito do sombreamento, a zona submersa e a praia apresentam-se sem ondas (figura 2.5a) [12].

As ondas provenientes de leste-sudeste (E-SE) ( $105^\circ$  a partir do norte (N)) atingem a praia de Camburi com alturas entre 0,4 e 1,0 m. Como a Baía do Espírito Santo possui entrada voltada para SE, as ondas provenientes deste setor sofrem menor dissipação e possuem altura mais significativa. A variação de altura das ondas

ao longo da praia de Camburi deve-se à presença da Ilha do Socó, que causa a difração e o sombreamento entre a ilha e a praia desenvolvendo uma porção de menor energia, e à proximidade da porção adjacente à CVRD, onde, mesmo sobre a atuação destas ondas, a dissipação é intensa (figura 2.5b) [12].

As ondas de S-SE ( $170^\circ$  a partir do N) são desenvolvidas por frentes frias intensas e, desta forma, com longos períodos e grandes alturas. De maneira geral, o padrão assemelha-se ao anterior, com ondas provenientes do quadrante E-SE.

Na baía do Espírito Santo há a dissipação e a difração das ondas em torno das ilhas do Frade e do Boi e da Ponta de Tubarão, alcançando a praia com as alturas entre 0,2 e 0,6 m e com  $90^\circ$  em relação à linha de costa (figura 2.5 c) [12].

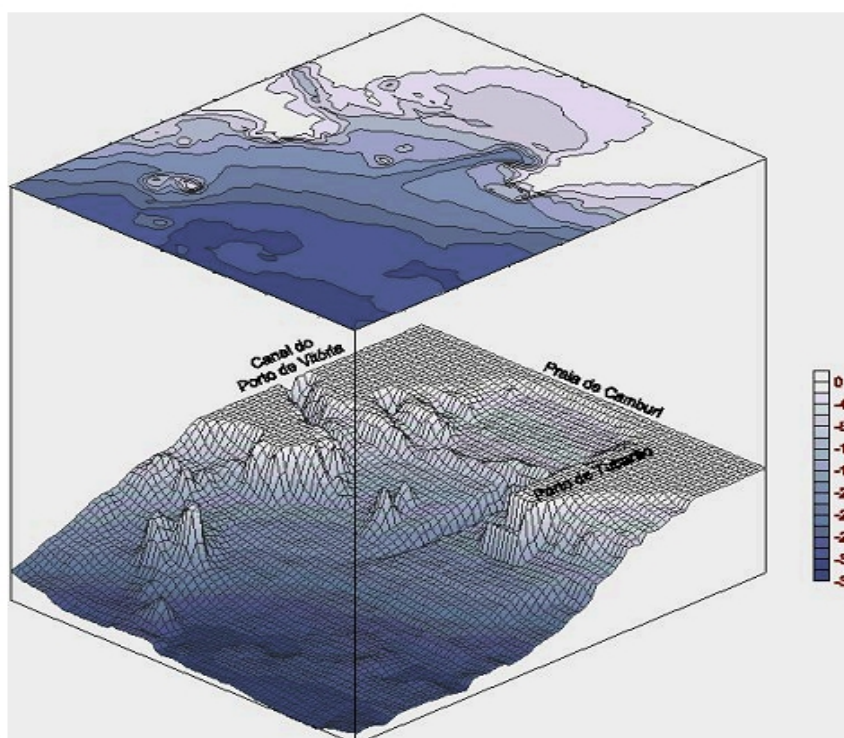
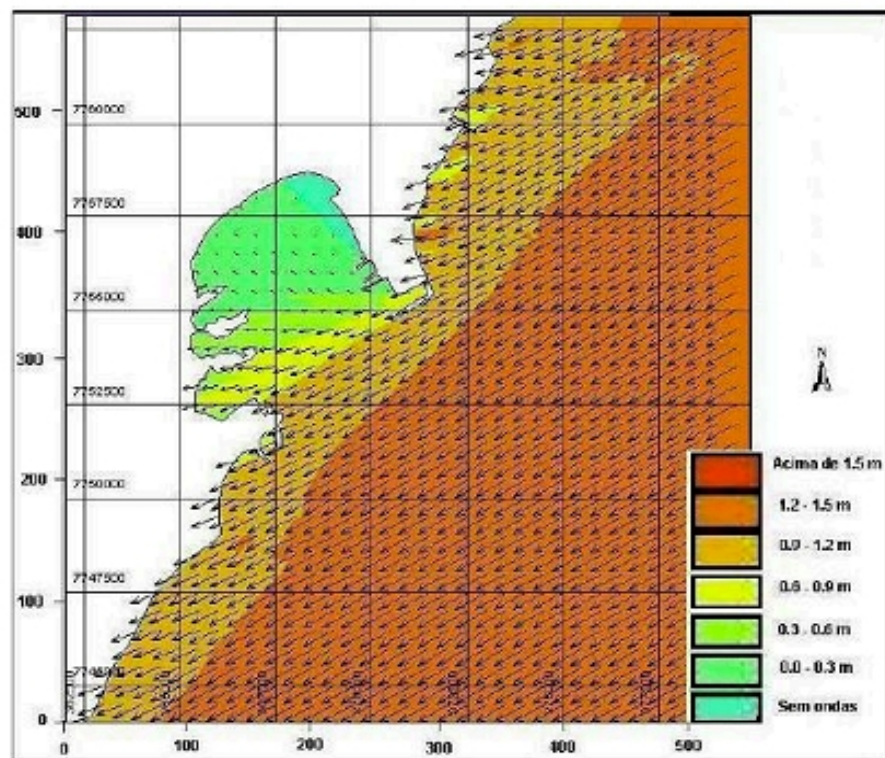
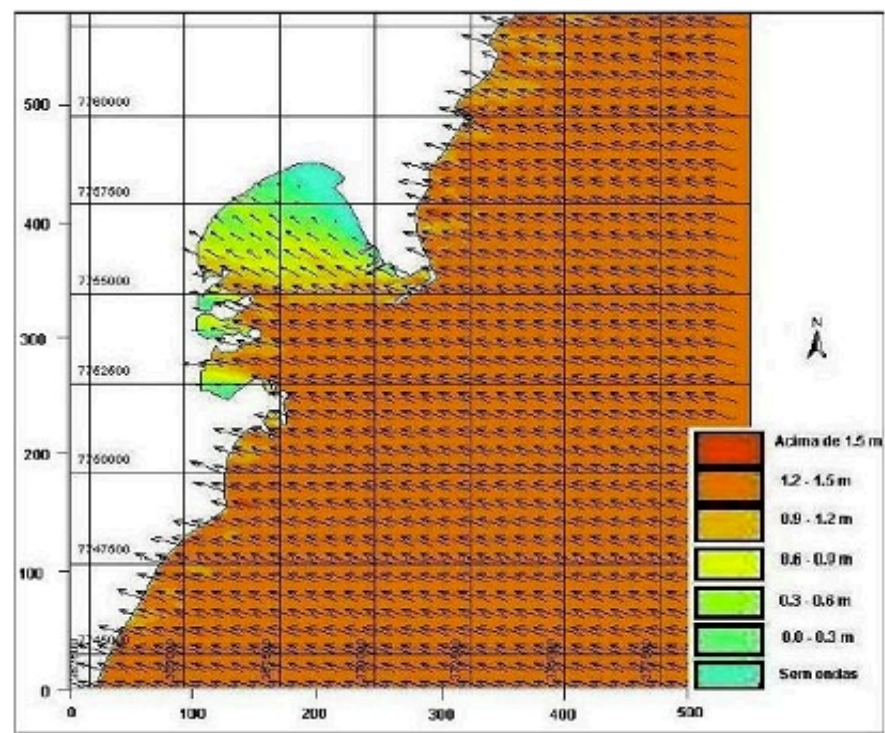


Figura 2.4- Batimetria da região da Baía do Espírito Santo [13].

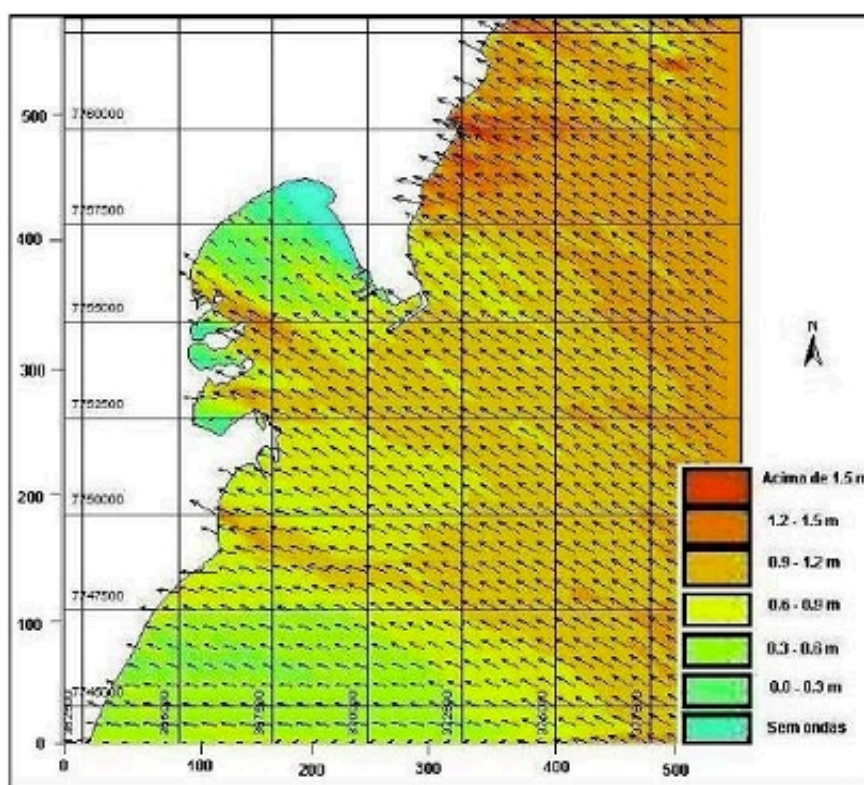


(a)



(b)





(c)

Figura 2.5 - Padrão de chegada das ondas na Baía do Espírito Santo, no qual as setas indicam o sentido e a direção do trem de ondas e as cores indicam a altura das ondas. (a) padrão de entrada de ondas de NE (45° a partir do N); (b) padrão de chegada das ondas de E-SE (105° a partir do N); (c) padrão de chegada das ondas de S-SE (170° a partir do N)[12].

### 2.2.4 Marés

Os valores de maré para a região estão compreendidos na faixa de micromaré, ou seja, valores abaixo de 2 metros. Sua amplitude oscila entre 1,4 e 1,6 m de acordo com o Banco Nacional de Dados Oceanográficos-2010 (BNDO), órgão ligado ao Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil.

## 2.3 Aspectos Históricos

A praia de Camburi sofre com problemas de erosão e ocupação desde o início da década de 60 com a expansão especulativa gerada pela necessidade de novos

espaços na capital Vitória, devido à urbanização e crescimento industrial da cidade, e com a construção do Terminal Portuário de Tubarão iniciada em 1962.



Figura 2.6 – Praia de Camburi ao final da década de 60 [35].

A dragagem do canal de Tubarão terminada em 1964 alterou profundamente o regime e a intensidade relativa das ondas. A fim de viabilizar o trânsito de navios com grande calado, foi necessária a dragagem periódica de um canal profundo na Baía do Espírito Santo, aumentando sua profundidade de 17 para 25 metros (m). A difração das ondas em torno da Ponta de Tubarão, a diminuição da dissipação de energia e a refração pelo aumento da coluna d'água do canal convergem as ondas do quadrante NE para o centro da praia, acentuando a retirada de sedimentos da costa [7, 10].

Ainda nessa mesma década, as dunas frontais foram desfeitas por meio da terraplanagem para viabilizar construções na orla. A redução do volume de areias disponíveis dificultou a adaptação topográfica do sistema praia-duna e diminuiu a extensão longitudinal da praia.

Já na década de 70, dois espigões foram construídos transversais à costa com o intuito de conter a leva de sedimentos transportados pela corrente longitudinal. No entanto, seu intento acabou por acentuar a erosão a sotamar da direção da corrente longitudinal à linha de costa e, o engordamento a barlar da mesma (figura 2.6). Uma primeira engorda artificial da praia também foi feita durante o início da década de 80, sem muito sucesso.

Com o fracasso das medidas de contenção do avanço marítimo, as duas décadas seguintes foram marcadas pelo aprofundamento dos problemas na orla de Camburi. Foram constantes os registros de avanços do mar, redução da faixa de areia e deposição de areia sobre o calçadão.

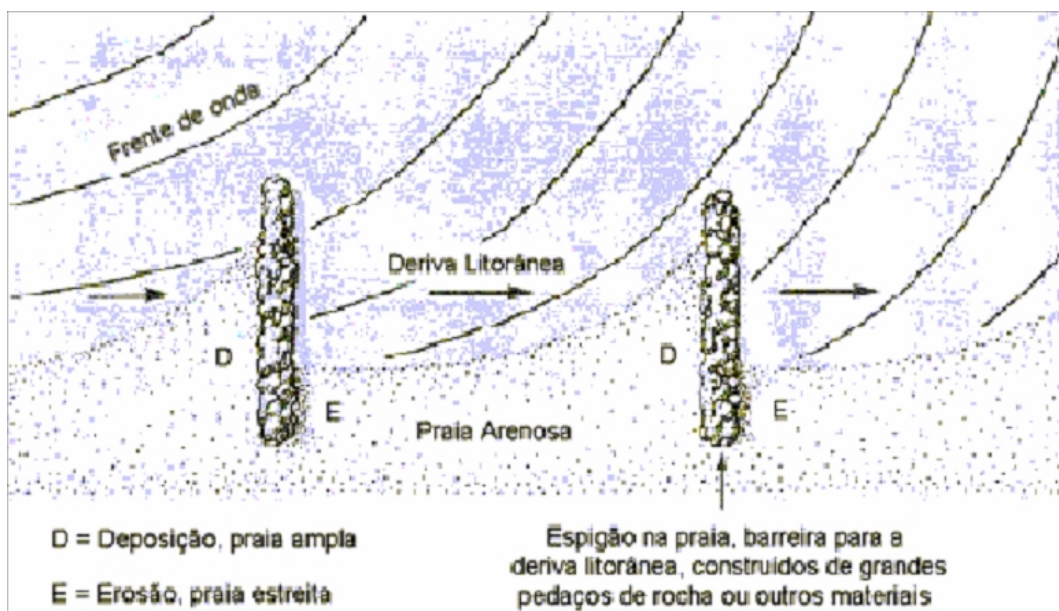


Figura 2.7 – Diagrama de dois espigões [8].

Somente ao final do ano de 1999 foram iniciadas a construção do terceiro espigão, o prolongamento do segundo e uma engorda definitiva da praia com mais de 1 milhão de metros cúbicos ( $m^3$ ) de areias retiradas da zona submersa adjacente à praia por meio de dragas próximas à Ponta de Tubarão [9]. Após esse último empreendimento, a praia se tornou mais refletiva e permaneceu estável com perda estimada em menos de 25% do sedimento total lançado. Sua distribuição granulométrica também foi alterada passando a ser composta por areias de granulometria média e grossa com pobre grau de seleção. A fração fina, que existia



logo após o engordamento, foi carregada ao longo do tempo longitudinalmente pela ação das ondas, ficando depositada na porção final da praia e na zona submersa próxima [12].

Novas obras aconteceram durante o ano de 2009 e 2010, porém apenas de cunho paisagístico, dando um novo contorno ao calçadão e ornamentando a orla. Parte da areia foi revolvida, mas longe da linha d'água, não causando alterações significativas na distribuição das areias sob estudo.

## Capítulo 3

### Areias Monazíticas

Monazita é um fosfato castanho-avermelhado de metais de terras raras, essencialmente  $(\text{Ce,La, Y, Th})\text{PO}_4$ , que se concentra nas areias devido a sua alta densidade e resistência ao intemperismo químico. A raridade de se encontrar esse conjunto de minerais é expressa na própria origem do termo *monazita* que provém do grego *monazein* e significa *estar solitário*. Pode estar associada a outros minerais resistentes, pesados e insolúveis como a magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , fórmula ideal), a ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ) e o rutilo ( $\text{TiO}_2$ ) que acabam por dar um tom escuro à amostra de areia. Sua coloração escura, no entanto, a distingue facilmente das demais frações de areia das raras praias que a contém e lhe atribui o popular nome de *areia monazítica* [14, 17].



Figura 3.1 – Da esquerda para a direita: ilmenita ( titanato de ferro), rutilo ( dióxido de titânio) e zirconita ( silicato de zircônio) [15].

A deposição desses tipos especiais de minerais nas praias brasileiras está intimamente ligada à decomposição gradual das gnaisses das montanhas pré-Cambrianas paralelas à costa. Rochas plutônicas e do grupo Barreiras funcionam como fontes secundárias para a deposição desses minerais. Em sua evolução geológica esse material se separou e se concentrou naturalmente. No Espírito Santo, os depósitos alcançam mais de 500 km de extensão [14]. A localização perfeita de tais depósitos, todavia, é um árduo trabalho. As manchas negras que povoam a praia alteram-se no tempo e no espaço segundo variáveis múltiplas tais como ondas, ventos e maré [17, 19].

A densidade dos grãos desses minerais é o principal fator de aglutinação. Com a arrebentação das ondas e as correntes de deriva litorânea, os minerais de baixa densidade vão sendo removidos, e os pesados se concentrando. Pode-se notar também, que os minerais escuros como a ilmenita, a magnetita e o rutilo aglomeram-se de maneira muito particular quando submetidos a separação magnética. Entretanto, pouco ainda se sabe sobre a influência do magnetismo na coesão destes grãos.

Tabela 3.1 – Características dos minerais encontrados nas areias monazíticas [16].

<b>Mineral</b>	<b>Fórmula Ideal</b>	<b>Densidade relativa</b>	<b>Comportamento magnético</b>	<b>Estrutura cristalográfica</b>
<i>Ilmenita</i>	<i>FeTiO<sub>3</sub></i>	<i>4,5 - 5</i>	<i>paramagnético</i>	<i>Trigonal romboédrica</i>
<i>Magnetita</i>	<i>Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub></i>	<i>5,1</i>	<i>ferrimagnético</i>	<i>Isométrico hexaoctaédrico</i>
<i>Monazita</i>	<i>(Ce,La,Y,Th)PO<sub>4</sub></i>	<i>4,9 – 5,3</i>	<i>paramagnético</i>	<i>Monoclínico prismático</i>
<i>Rutilo</i>	<i>TiO<sub>2</sub></i>	<i>4,18 – 4,25</i>	<i>paramagnético</i>	<i>Tetragonal</i>
<i>Zirconita</i>	<i>ZrSiO<sub>4</sub></i>	<i>4,7</i>	<i>diamagnético</i>	<i>Tetragonal bipiramidal</i>

Com um simples imã de mão pode-se separar as frações citadas do restante da areia, principalmente do óxido de silício (SiO<sub>2</sub>) e dos carbonatos, promovendo um *clareamento* da amostra (como a magnetita, o rutilo e a ilmenita têm coloração escura, ao serem retirados da amostra ela ganha um aspecto amarelado, chamado aqui de fração branca). Entretanto, isso não impede que a fração branca contenha os minerais de coloração escura, apenas reduz quantitativamente seu percentual.

Não é raro encontrar radioisótopos na estrutura cristalina da monazita ou óxidos radioativos em meio à areia monazítica. O óxido de tório ( $\text{ThO}_2$ ;  $^{232}\text{Th}$ ) é o principal deles mas também são encontrados urânio ( $^{238}\text{U}$ ), actínio ( $^{227}\text{Ac}$ ), potássio ( $^{40}\text{K}$ ), radônio ( $^{222}, ^{220}\text{Rn}$ ), rádio ( $^{226}\text{Ra}$ ), samário ( $^{147}, ^{148}, ^{149}\text{Sm}$ ), neodímio ( $^{144}\text{Nd}$ ) e gadolínio ( $^{152}, ^{160}\text{Gd}$ ). Em geral, esses elementos são encontrados em substituição de alguns átomos da estrutura cristalina dos minerais citados na tabela 3.1 [28].

A presença mais importante de membros da série do  $^{232}\text{Th}$  ocorre na monazita, sendo o Brasil considerado um dos maiores e mais importantes depósitos deste mineral [28, 32].

Segundo Malanca *et al*, as maiores atividades radioativas estão presentes nas frações escuras. A concentração de  $^{232}\text{Th}$  nas porções de ilmenita, zirconita e monazita é proporcional à exponencial da razão entre a atividade do  $^{232}\text{Th}$  e de  $^{238}\text{U}$  detectadas experimentalmente em cada uma das frações, e é notadamente maior para a monazita [18].

No trabalho exposto por Veiga *et al*, as maiores doses radioativas acontecem exatamente no litoral do Espírito Santo onde a taxa de exposição ultrapassa o limite estipulado pela Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) de 2,4 miliSievert/ano (mSv/ano) para fontes naturais. Um bom exemplo é a Praia da Areia Preta em Guarapari, no sul do Espírito Santo, que apresenta taxa de exposição de 70 mSv/ano, ultrapassando em mais de 300 vezes o limite permitido pela OECD. A título de comparação, Kerala na Índia, mundialmente conhecida pelo seu potencial radioativo, ultrapassa em apenas 35 vezes o limite permitido. Tais anomalias na concentração de radionuclídeos podem trazer vários riscos à população, expondo-a interna (inspiração e ingestão) e externamente aos malefícios da radiação [19].

Todavia, esses níveis radiológicos, podem trazer alguns benefícios curativos segundo alguns autores. Para Pupo, o percentual de 6-12% de  $\text{ThO}_2$  nas areias pretas, na Praia da Areia Preta em Guarapari, serve como agente terapêutico na cura de dermatoses, reumatismos e doenças alérgicas. Aumentando a área de contato com a miraculosa areia preta, cobrindo as partes afetadas quando sentados

ou deitados, as pessoas podem se beneficiar dos efeitos curativos da absorção do torônio (radônio) pela pele e pelas vias respiratórias. Para aqueles que não possuíam acesso à praia, uma pomada à base de monazitas foi desenvolvida e poderia ser usada com efeito similar [20]. O êxito das curas e a sanidade da população autóctone são fatores que reforçam o título de “Cidade Saúde” para Guarapari, enquanto mais estudos não são desenvolvidos.

<b>LAMA DE CAULIM RADIOATIVADA PELA MONAZITA</b> (na proporção de 10% procedente das praias da Região Leste do Brasil).		
<b>Fórmula:</b>		
Uso externo		g
	Monazita pufa	20
	Carbol metilcelulose	2
	Água destilada	38
	Caulim puro lavado	70
	Bentonita micropulverizada	30
	Glicerina	60
M. acondicionando em sacos de fino plástico impermeável que retém os raios alfa, atuando pelos raios beta e gama, emanção do óxido de tório da monazita, de propriedades antiflogística analérgica e sedativa, de resultados altamente eficazes quando a lama é aplicada <i>loco dolenti</i> , nas artropatias reumáticas.		

Figura 3.2 – Exemplo de pomada radioativa [20].

## Capítulo 4

### Teoria Básica de Erros

A determinação de uma grandeza física experimental é feita por meio de medidas, as quais são a melhor tentativa possível de aproximação de seu valor verdadeiro. O afã pela melhor medida nem sempre traz os melhores resultados e, nesse contexto, os erros são inseparáveis da medição. Eles podem ser de ordem instrumental, ambiental, observacional (sistemáticos) ou também estatística (em geral difíceis de controlar) e necessitam, portanto, de um tratamento especial.

Tomando  $x_v$  como o valor verdadeiro e  $x$  como o melhor valor de uma medição, o erro em  $x$  é definido por:

$$\varepsilon = x - x_v \quad (1)$$

Como  $x_v$  é desconhecido por hipótese,  $\varepsilon$  também o é. Por isso, o melhor valor e sua respectiva incerteza só podem ser obtidos e interpretados probabilisticamente. Mas, se uma grandeza é medida sobre condições de repetitividade, seu valor médio  $\bar{x}$  pode ser escrito como:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Essa medida não corresponde ao valor médio verdadeiro ( $x_{mv}$ ) porém pode ser uma boa estimativa quando o número de medidas é relativamente alto conforme a “Lei dos Grandes Números” [21]. No entanto, elas podem ser bem diferentes devido ao erro sistemático.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{x} = x_{mv} \quad (3)$$

Como é intangível à realidade experimental um número infinito de medições, o valor médio verdadeiro é uma quantidade sempre desconhecida. A diferença entre o valor verdadeiro e o valor médio verdadeiro é o erro sistemático associado à tomada de valores.

Define-se desvio  $d_i$  de um resultado  $x_i$  e a média dos desvios  $\bar{d}$  como:

$$d_i = x_i - x_{mv} \quad (4)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{mv}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{mv} = \bar{x} - x_{mv} \quad (5)$$

É fácil observar que a média dos desvios tende a zero para um grande número de medições.

A variância associada ao processo de medição ( $\sigma_v^2$ ) é definida como a média dos quadrados dos desvios para um número infinito de medições. O desvio padrão para o processo de medição ( $\sigma_v$ ) é definido como a raiz quadrada da variância. Ambos os valores são desconhecidos em princípio, mas para um conjunto determinado de medições, seus valores assumem a seguinte descrição:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{mv})^2 \quad (6)$$

$$\sigma = +\sqrt{\sigma^2} \quad (7)$$

Para um número finito de medições, e admitindo que o conjunto de  $n$  medidas é repetido  $k$  vezes, o desvio padrão do valor médio pode ser expresso por:

$$\sigma_m^2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - x_{mv})^2 \quad (8)$$

onde:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (9)$$

Trabalhando as duas equações:

$$\sigma_m^2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} - x_{mv} \right)^2 \quad (10)$$

$$\sigma_m^2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (1/n^2) \left( \sum_{i=1}^n x_{ij} - x_{mv} \right)^2 \quad (11)$$

$$\sigma_m^2 = \frac{1}{kn^2} \sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{mv})^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{i'=1, i' \neq i}^n (x_{ij} - x_{mv})(x_{i'j} - x_{mv}) \right) \quad (12)$$

O segundo termo da expressão (12) tende a se anular para n suficientemente grande, pois os desvios  $(x_{ij} - x_{mv})$ ;  $(x_{i'j} - x_{mv})$  são quantidades independentes e se distribuem aleatoriamente em torno do zero. Dessa forma,

$$\sigma_m^2 \approx \frac{1}{kn} \sum_{j=1}^k \left( \left( \frac{1}{n} \right) \left( \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{mv})^2 \right) \right) \quad (13)$$

No entanto, o termo:

$$\frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{mv})^2 \right) = \sigma_j^2 \quad (14)$$

é a variância do j-ésimo conjunto de medições. Se os k conjuntos de medições estão sobre as mesmas condições, seus valores são aproximadamente iguais. Assim,

$$\sigma_m^2 \approx \frac{1}{kn} \sum_{j=1}^k \sigma_j^2 \approx \frac{\sigma^2}{n} \quad (15)$$

$$\sigma_m \approx \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (16)$$



O desvio padrão do valor médio de uma grandeza é a incerteza final correspondente aos erros estatísticos das medições, e, na ausência de erros sistemáticos, é a incerteza padrão no resultado final. Todavia, pode-se deduzir uma expressão mais útil para o desvio padrão.

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{mv})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) + (\bar{x} - x_{mv})]^2 \quad (17)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(\bar{x} - x_{mv}) + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_{mv})^2 \quad (18)$$

Nesta expressão, o termo  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})$  é zero e o terceiro termo recai em  $(\bar{x} - x_{mv})^2$ , pois é um fator independente do somatório. Assim,

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + (\bar{x} - x_{mv})^2 \quad (19)$$

Uma boa aproximação pode ser feita para excluir a dependência de  $x_{mv}$ . Aproximando o quadrado do desvio pelo valor médio dos quadrados dos desvios e utilizando a expressão (16), tem-se a melhor estimativa para a equação (6).

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \frac{\sigma^2}{n} \quad (20)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (21)$$

É de fundamental importância discernir  $\sigma$  e  $\sigma_m$ . Enquanto o primeiro é a estimativa do desvio padrão de cada  $x_i$ , que depende exclusivamente dos instrumentos de medida e independe de  $n$ , o segundo é uma estimativa do desvio padrão da média e decresce com o número de medidas efetuadas.

## Capítulo 5

### Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

#### 5.1 – Histórico

O nascimento da microscopia eletrônica remonta às conclusões de De Broglie em 1925. Ao conceber que o comprimento de onda dos elétrons depende de sua energia, foi possível construir equipamentos com uma capacidade investigativa maior do que os microscópios ópticos usuais. Enquanto estes se utilizam de comprimentos de onda oriundas do espectro visível, entre 400 nanômetros (nm) e 700 nm, proporcionando um aumento perto de 2.000 vezes, um microscópio eletrônico de varredura (MEV), com feixe de elétrons acelerados sobre uma diferença de potencial de 50 quilovolts (KV), possui comprimento de onda de 0,005 angström (Å) e uma capacidade de ampliação de 300.000 vezes. Dessa forma, a microscopia eletrônica surge da necessidade de tornar visível o invisível aos olhos humanos.

Os primeiros trabalhos sobre o MEV remontam a Knoll em 1935, mas somente em 1938 Von Ardenne conseguiu construir um microscópio eletrônico de varredura adaptando bobinas de direcionamento de feixe a um microscópio de transmissão [24]. As amostras eram lâminas muito finas e o tempo para obter uma foto era de cerca de 20 minutos. O aumento máximo conseguido foi de 8.000 vezes, com resolução aproximada de 500 Å [25].

O primeiro MEV usado para observar amostras espessas foi descrito por Zworykin *et al*, em 1942, nos laboratórios da Radio Corporation of America. Os autores descreveram que a emissão de elétrons secundários poderia ser responsável pelo contraste topográfico da imagem gerada. O coletor foi

polarizado positivamente em relação à amostra com 50 V e os elétrons secundários coletados produziram uma queda de voltagem no resistor.

Essa queda de voltagem foi enviada a uma tela de televisão para produzir a imagem. No entanto, a resolução atingida foi de apenas 1 micrômetro ( $\mu\text{m}$ ). Essa resolução foi considerada insatisfatória pela equipe, visto que buscavam atingir uma resolução maior do que 0,5  $\mu\text{m}$  atingida pelos microscópios ópticos. Ao reduzir o diâmetro do feixe eletrônico (*spot*), bem como aperfeiçoar a razão sinal/ruído, foi construído um novo instrumento. Uma análise detalhada da relação entre aberrações das lentes, brilho do canhão e tamanho do diâmetro do feixe resultou em um método para determinar o tamanho mínimo do diâmetro do feixe em função de sua corrente.

A contribuição posterior do grupo foi usar um tubo multiplicador de elétrons, como um pré-amplificador para a corrente de emissão secundária vinda da amostra. A tentativa novamente esbarrou na forte presença de ruído. O sistema óptico-eletrônico do instrumento consistia de três lentes eletrostáticas com bobinas de varredura posicionadas entre a segunda e terceira lentes apresentando uma resolução aproximada de 500 Å [24]. A substituição das lentes eletrostáticas por lentes eletromagnéticas permitiu melhorar ainda mais a resolução passando para 250 Å [25]. A etapa seguinte foi o aperfeiçoamento do detector de elétrons secundários. Porém, a etapa foi seguida, em 1960, por Everhart e Thornley que empregaram um cintilador para converter os elétrons em luz e em seguida, fotomultiplicá-la [24].

Desde o primeiro instrumento comercializado em 1965 pela Cambridge Scientific Instrument, muitos avanços foram obtidos. Atualmente, os modernos microscópios eletrônicos de varredura são equipados com estrutura digital que permite o armazenamento temporário da imagem para observação e até mesmo a transferência por rede para outras partes do planeta [24].

## 5.2 – Constituintes

O MEV é constituído basicamente por coluna óptico-eletrônica, unidade de varredura, câmara de amostra, sistema de detectores e sistema de visualização da imagem.

A coluna óptica-eletrônica é uma região onde é feito vácuo que concentra o canhão de elétrons e o sistema de demagnificação. O canhão de elétrons fornece, por efeito termoiônico, um feixe de elétrons primários em quantidade e energia suficientes para a detecção. Os elétrons lançados no interior da coluna em ângulos dispersivos são então focalizados por lentes eletromagnéticas em um estreito feixe de pequeno diâmetro sobre a região de interesse da amostra.

O canhão de elétrons mais comum e utilizado para as imagens deste trabalho consiste em um filamento de tungstênio (W). A emissão termoiônica dos elétrons pelo filamento ocorre quando é fornecido calor suficiente ao mesmo e os elétrons podem ultrapassar a barreira de energia para escapar do material. Para reduzir o efeito de evaporação do filamento, que é comum a elevadas temperaturas, procura-se usar como filamento um material que precise de baixa energia para emitir elétrons.

No caso do tungstênio é possível obter uma boa emissão de elétrons, ou seja, produzir um feixe eletrônico com alta densidade de corrente, em temperatura bem abaixo do seu patamar de fusão. A temperatura de emissão do tungstênio é de 2.427°C e a de fusão é de 3.410°C, ocasionando uma baixa evaporação deste filamento e consequentemente um maior tempo de vida [25].

A unidade de varredura consiste em um conjunto de bobinas defletoras que, ligadas ao sistema de varredura, possibilita o direcionamento do feixe nas direções x e y da amostra. A amostra fica localizada em uma câmara especial sob pressões extremamente baixas (em torno de  $10^{-6}$  Torricelli (Torr)) mantidas por um conjunto primário e secundário de bombas de vácuo [24]. Os detectores coletam os elétrons

que resultaram da interação com a amostra que são fotomultiplicados até a geração da imagem final após o processamento por software especializado.

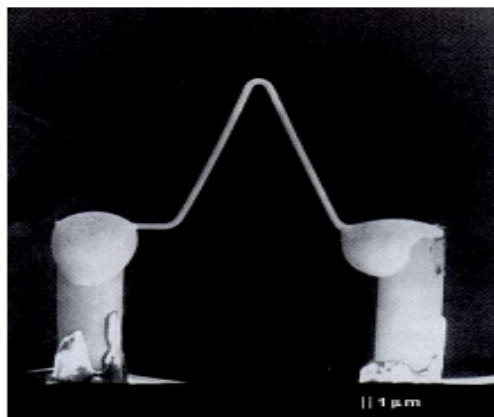


Figura 5.1– Micrografia eletrônica de um filamento de W [25].

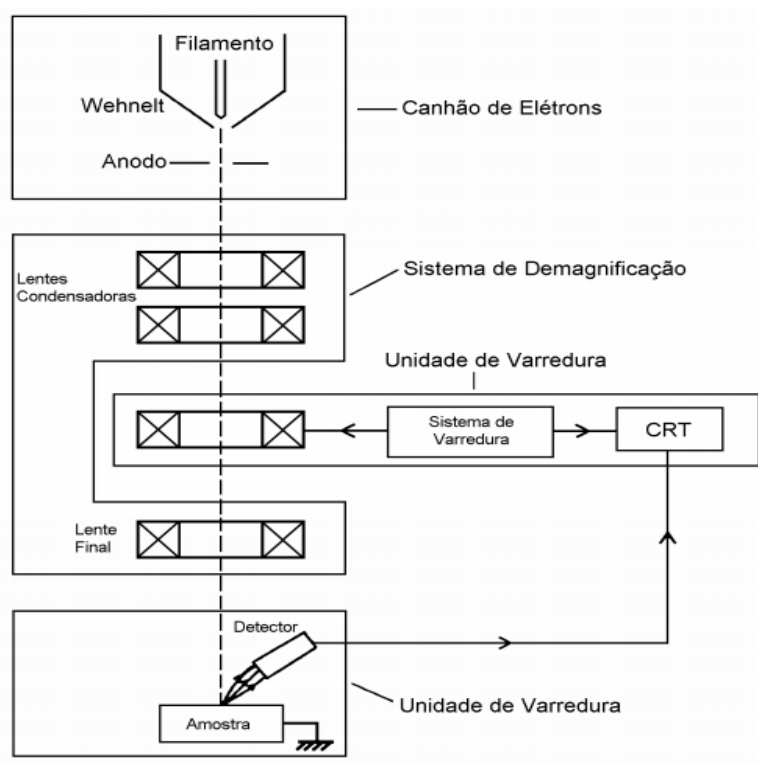


Figura 5.2 – Representação esquemática do MEV [25].

### 5.3 – Origem do Sinal

A microscopia eletrônica fornece informações morfológicas, topográficas e de composição das superfícies dos sólidos permitindo a construção de imagens e análises físico-químicas das amostras. O princípio de funcionamento de um microscópio eletrônico de varredura consiste em utilizar um feixe de elétrons de pequeno diâmetro para explorar a superfície da amostra, ponto a ponto, por linhas sucessivas e transmitir o sinal do detector a uma tela catódica cuja varredura está perfeitamente sincronizada com aquela do feixe incidente.

Os sinais produzidos pela superfície nesse processo incluem elétrons retroespalhados, secundários, transmitidos, absorvidos e Auger, além de fótons de raios-X e fótons de outras energias. O sinal da imagem resulta da interação do feixe incidente com a superfície da amostra, que é focalizado por uma série de lentes eletromagnéticas com um *spot* menor que 4 nm e guiado por várias bobinas de deflexão. O estreitamento do feixe possui relação direta com a corrente de emissão do filamento. Os dois sinais mais comuns utilizados em estudos de superfícies são os provenientes dos elétrons retroespalhados e secundários [24].

Os elétrons retroespalhados (ERE) (BSE – backscattering electron) são produzidos por espalhamento elástico na superfície do material, ou seja, são elétrons que após numerosas colisões modificam sua trajetória e saem do material com sua energia inalterada. Esses elétrons possuem energias entre 50 elétrons-Volt (eV) e a energia dos elétrons primários com pouca penetração na amostra. Os elétrons retroespalhados não são adequados para análise topográfica, uma vez que o feixe por eles formado se move em linha reta e, portanto, não podem revelar detalhes de qualquer parte da amostra que não esteja na direção do detector. Entretanto, a emissão desse tipo de elétrons é fortemente dependente do número atômico dos elementos da amostra, possibilitando diferentes contrastes em regiões de composições químicas e fases distintas.

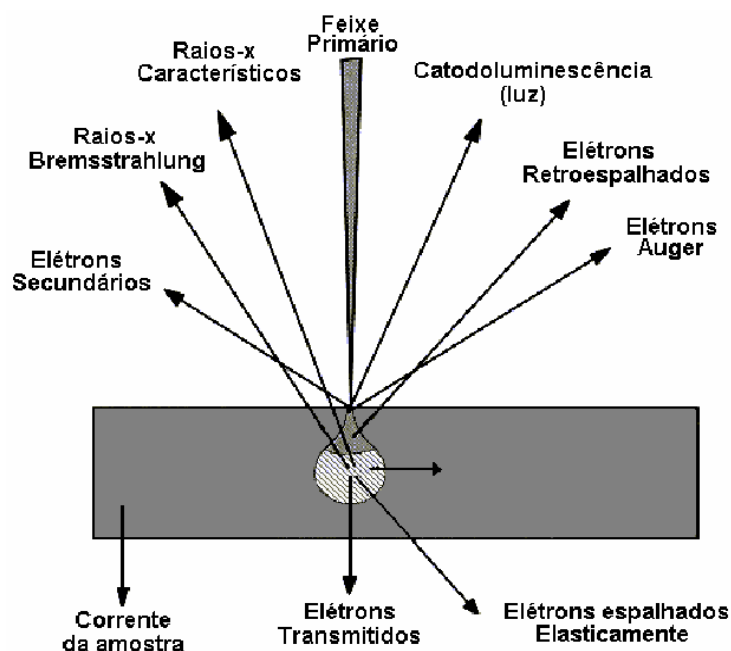


Figura 5.3— Origens do sinal no MEV [25].

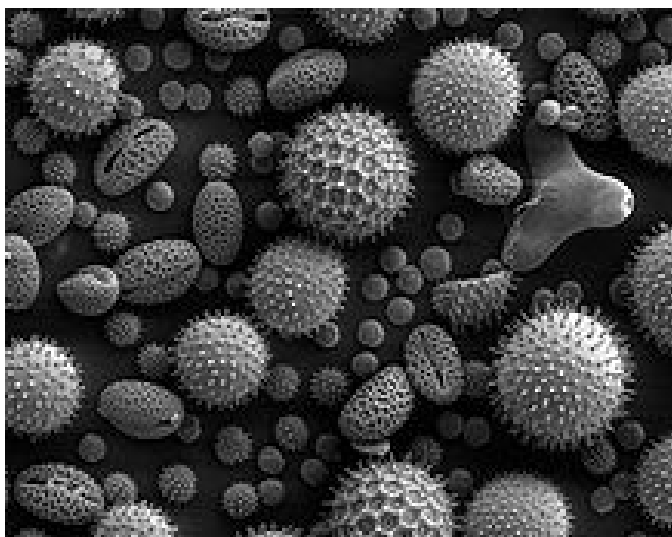


Figura 5.4— Imagem por elétrons secundários de grãos de pólen [26].

Elétrons secundários (ES) (SE – secondary electron) são produzidos como resultado de interações entre os elétrons energéticos do feixe e os elétrons de condução fracamente ligados ao sólido, o que leva à ejeção de elétrons da banda de condução. Os elétrons secundários são oriundos de colisões inelásticas com energias inferiores a 50 eV, sendo que 90% deles possuem energias abaixo de 10

eV [25] e com um pequeno livre caminho médio (entre 2 e 20 nm). Imagens formadas predominantemente por elétrons secundários são as que possibilitam maior resolução em MEV e podem revelar detalhes finos da superfície da amostra, sendo, por esta razão, amplamente utilizadas para análise topográfica [24].

Os elétrons transmitidos são utilizados nos microscópios de transmissão e são oriundos do espalhamento Rutherford dos elétrons ao perpassarem a amostra, geralmente com uma espessura muito pequena. Os elétrons absorvidos compõem a corrente elétrica entre a amostra e o seu suporte. O resultado da ionização do átomo pela interação do elétron primário é a presença do vazio em uma das camadas. Uma das maneiras do átomo perder o excesso de energia é através da sua transferência para um elétron de outra camada, resultando na formação de um elétron com energia característica do material. Estes elétrons possuem energia máxima próxima de 2 keV e são chamados de elétrons Auger [25].

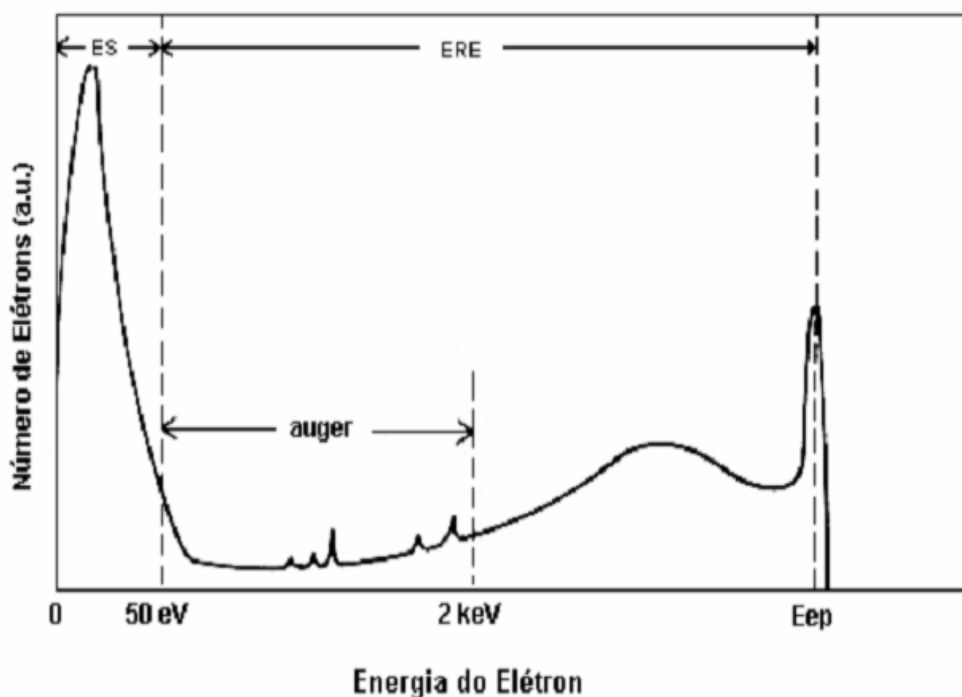


Figura 5.5 — Espectro de elétrons que deixam a amostra [25].

A microanálise eletrônica é uma técnica não-destrutiva que consiste na medida de raios-X característicos emitidos de uma região microscópica da amostra



bombardeada por um feixe de elétrons. O feixe de elétrons é suficientemente energético para ionizar camadas profundas dos átomos e produzir também a emissão de raios-X, além da emissão de outras partículas como os elétrons retroespalhados utilizados na formação da imagem. Dois tipos de detectores que captam raios-X característicos podem ser utilizados: por dispersão de energia (EDS – Energy Dispersive Spectrometry) ou por dispersão em comprimento de onda (WDS – Wavelength Dispersive Spectrometry).

A técnica de EDS assume que a energia de um fóton ( $E$ ) está relacionada com a frequência eletromagnética ( $\nu$ ) pela equação  $E=h \nu$ , onde  $h$  é a constante de Planck. Fótons com energia correspondentes a todo o espectro de raios-X atingem o detector quase simultaneamente e o processo de detecção é rápido [24]. O espectro é então composto por uma faixa contínua (*Bremsstrahlung*) e uma porção discreta ligada à energia oriunda da excitação dos elétrons dos átomos do material.

O detector é capaz de determinar a energia dos fótons que ele recebe. Fica possível, portanto, traçar um histograma com a abscissa sendo a energia dos fótons (keV) e a ordenada, o número de fótons recebidos (contagens). A interpretação dos espectros é facilitada por uma base de dados que contém, para cada elemento, as energias e a intensidade das raia que as produziu. É possível localizar, para cada energia do espectro, a lista dos elementos que possuem uma raia neste domínio energético. E também, para cada elemento, fazer aparecer sobre o espectro um diagrama em barras representando a posição e as energias das raia desse elemento.

Cabe salientar que os elementos em quantidade inferior a 0,2% em massa não poderão ser detectados. Os elementos hidrogênio (H), lítio (Li), berílio (Be) não poderão ser detectados pelas técnicas citadas; de fato, o resultado deste tipo de análise é confiável para raios-X emitidos por elementos com número atômico  $Z \geq 10$  [25]. É importante escolher uma tensão de aceleração compatível com os elementos que se quer analisar.

A determinação das porcentagens dos elementos por microanálise de raios-X é uma operação possível no microscópio eletrônico. Existem vários métodos para

quantificação dos elementos químicos presentes na amostra, sendo o método mais simples a análise semiquantitativa. Esta análise consiste em avaliar a superfície dos picos que é proporcional à quantidade de átomos que produziu a raia.

Devido à necessidade de interação do feixe eletrônico com a amostra alguns elétrons são absorvidos por ela e, então, conduzidos para o fio terra; por isso, há a necessidade de as amostras serem condutoras. O que se faz geralmente é tornar a amostra condutora através do processo de evaporação ou deposição de íons. Neste trabalho, o material depositado é oriundo de uma liga de ouro e paládio. Outro motivo para recobrir a amostra é que as camadas depositadas podem melhorar o nível de emissão dos elétrons, facilitando a formação das imagens.

## Capítulo 6

### Materiais e Métodos

A praia de Camburi foi dividida em três segmentos de acordo com o seu posicionamento geográfico e o aparecimento das manchas escuras na areia. A primeira região designada *Iemanjá*, em homenagem à imagem do orixá africano presente no primeiro espigão da praia, está compreendida entre as coordenadas geográficas 20°17'34.10"S 40°17'18.20"O e 20°17'05.96"S 40°17'22.81"O e possui cerca de 1km de extensão. A segunda região designada *Oficiais* faz menção ao posicionamento do Clube Dos Oficiais, próximo à orla neste ponto da praia, e possui 1,7 km entre as coordenadas 20°17'05.96"S 40°17'22.81"O e 20°16'25.09"S 40°16'41.43"O. O último trecho foi batizado de *Entre Piers* em uma referência direta a sua localização entre os dois últimos espigões da praia. Este trecho está entre as coordenadas 20°16'25.09"S 40°16'41.43"O e 20°16'02.37"S 40°16'04.44"O e possui cerca de 1,3 km.

A coleta das amostras foi feita regularmente entre agosto de 2009 e maio de 2010, excetuando-se o mês de janeiro. Em janeiro, as areias ficaram muito revolvidas e sujas devido à alta temporada de banhistas nas praias. Foram adquiridas, além das amostras de cada região descrita no parágrafo anterior, amostras guias de praias vizinhas para obtenção do background das contagens radioativas.

As praias utilizadas para este fim foram a da *Sereia*, em Vila Velha, e a de *Jacaraípe*, na Serra, devido ao aparecimento de manchas similares às encontradas na Praia de Camburi [28].

As amostras foram coletadas em uma profundidade média de 1 a 2 cm nas regiões onde as manchas enegrecidas, próprias das areias monazíticas, se destacavam no ambiente praial. Localizadas próximas à zona de espriamento, entre 1 e 2 m da

linha d'água e ainda sobre a ação das ondas, as amostras úmidas foram secadas ao sol. Uma vez secas, as porções de areia passaram por uma cata manual para a retirada de restos orgânicos como conchas, fragmentos de galhos e algas marinhas. Em seguida, as amostras foram homogenizadas, acondicionadas e estocadas.



Figura 6.1— Exemplo de manchas escuras na areia. Região de Iemanjá, Camburi, outubro de 2009. As conchas brancas possuem cerca de 1 cm de diâmetro. Acervo pessoal.

O acondicionamento das amostras foi feito em frascos de polietileno de alta densidade com volume de 400 ml onde foram pesadas e catalogadas. Todas as amostras receberam uma tarja identificadora onde constam o seu número sequencial além de informações relevantes como o local e a data da coleta, as coordenadas do ponto de coleta (com o auxílio de um GPS-Global Positioning System), a distância da linha d'água, a profundidade da coleta, uma medida rápida da atividade inicial oriunda da média de três contagens de 100 s cada e informações sobre o tempo, os ventos e a maré no instante da coleta.

**FICHA DE AVALIAÇÃO DA AREIA**

Local da coleta: \_\_\_\_\_

Coordenadas: \_\_\_\_\_

Distância da linha d'água: \_\_\_\_\_

Profundidade da coleta: \_\_\_\_\_

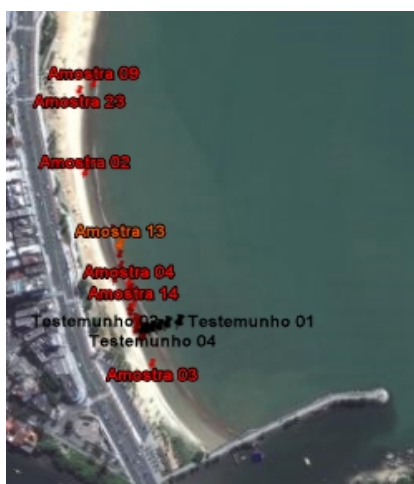
Atividade inicial: \_\_\_\_\_

Data \_\_\_\_\_

<i>Ventos</i>	<i>Tempo</i>	<i>Maré</i>
( ) sem vento	( ) ensolarado	( ) alta
( ) fracos	( ) nublado	( ) vazante
( ) moderados	( ) chuvoso	
( ) fortes		

Figura 6.2—Tarja identificadora utilizada como rótulo das amostras coletadas.

Os dados de coordenadas foram confrontados com o software Google Earth com o intuito de gerar mapas de posicionamento nas regiões de coleta e observar a cobertura das regiões estudadas. As figuras 6.3 a 6.7 expressam pontos georreferenciados com uma boa distribuição ao longo da linha de costa. O adensamento de pontos em algumas localidades expõe a recorrência no aparecimento de manchas monazíticas na praia.



(a)



(b)

Figura 6.3 - (a) Detalhe dos pontos de coleta na região de Iemanjá. Google Earth. (b) Fotografia da região de Iemanjá. Acervo Pessoal.



(a)



(b)

Figura 6.4 — (a) Detalhe dos pontos de coleta na região de Oficiais. Google Earth. (b) Fotografia da região de Oficiais. Acervo Pessoal.



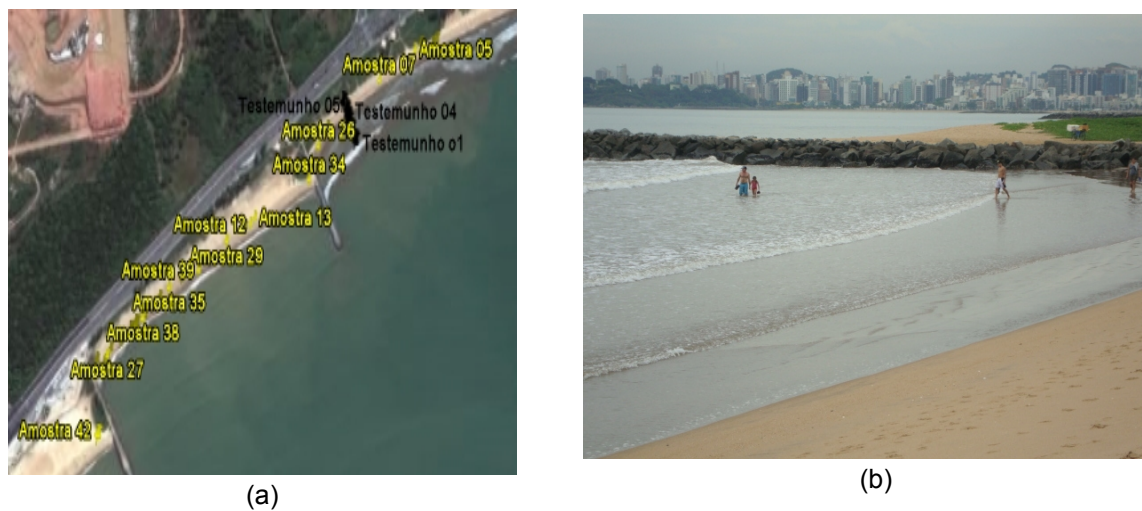


Figura 6.5 — (a) Detalhe dos pontos de coleta na região de Entre Piers. Google Earth. (b) Fotografia da região de Entre Piers. Acervo Pessoal.

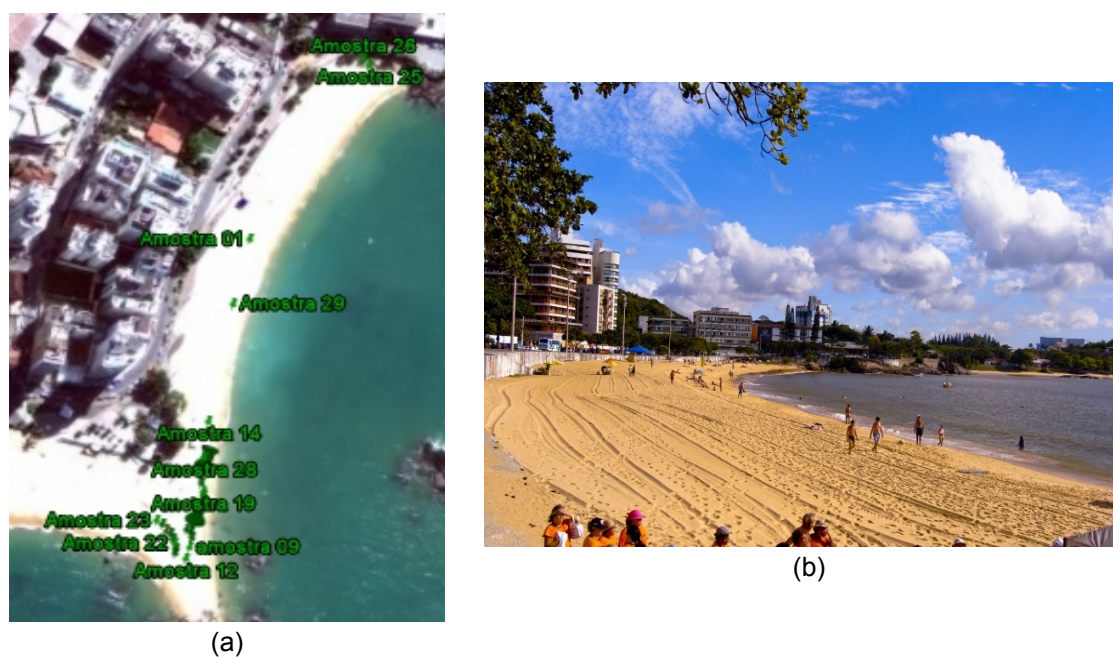


Figura 6.6 — (a) Detalhe dos pontos de coleta na região de Sereias. Google Earth. (b) Fotografia da Região de Sereias [33].

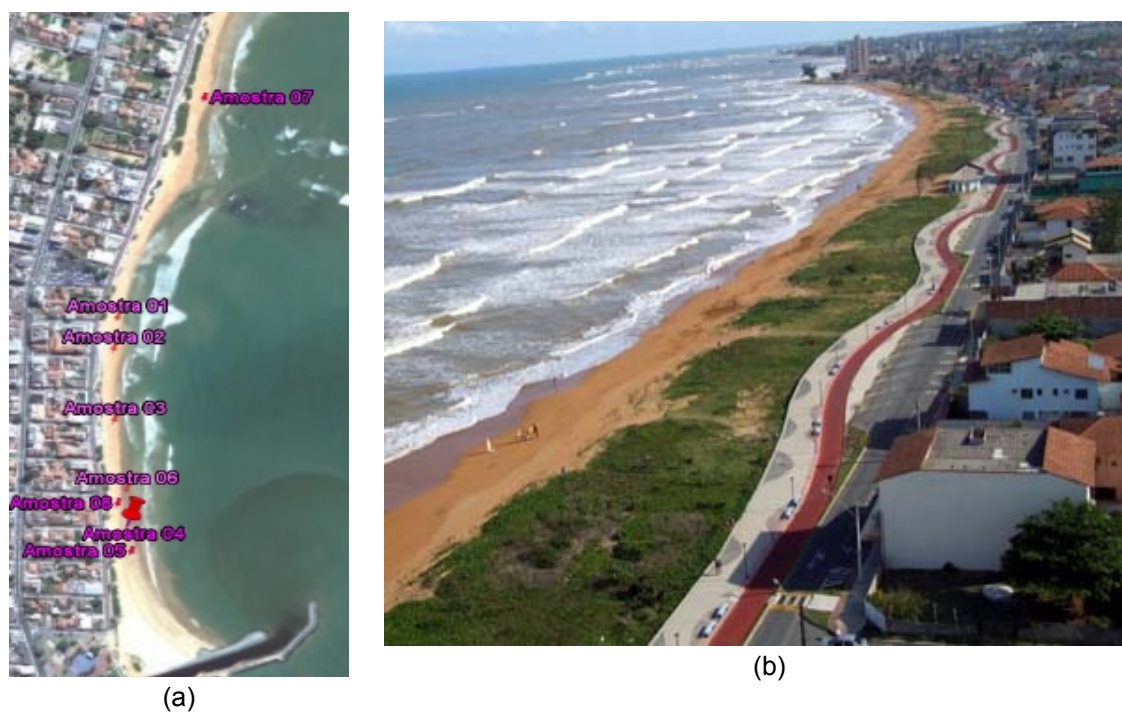


Figura 6.7 — (a) Detalhe dos pontos de coleta na região de Jacaraípe. Google Earth. (b) Fotografia da região de Jacaraípe [34].

## Capítulo 7

### Resultados e Discussões

#### 7.1 – Contagem Radioativa das Amostras

A radioatividade natural é a principal fonte de irradiação interna e externa do corpo humano e é oriunda, em grande parte, de solos e rochas cuja constituição possui um grande número de radionuclídeos. Os elementos encontrados advêm das séries naturais do  $^{235}\text{U}$  (meia-vida de  $7,038 \times 10^8$  anos), do  $^{238}\text{U}$  (meia-vida de  $4,5 \times 10^9$  anos) e do  $^{232}\text{Th}$  (meia-vida de  $1,4 \times 10^{10}$  anos) que decaem para isótopos estáveis do chumbo, além do  $^{40}\text{K}$  (meia-vida de  $1,27 \times 10^9$  anos) que não pertence a uma série natural [28].

As amostras extraídas das diversas incursões à praia foram submetidas à contagem radioativa por meio de um contador direcional Geiger-Müller para radiações  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  da PHYWE vinculado ao Laboratório de Transição de Fases - LETRAF do Departamento de Física, no Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo. Foram realizadas 15 contagens de 100 s para cada amostra e calculados os valores de média, de atividade (em Becquerel (Bq)), de desvio padrão e de desvio padrão da média, como exposto no ANEXO A. A partir dos valores de massa, de contagem média e de seu desvio padrão foram plotados gráficos a fim de definir um valor representativo de atividade para cada região estudada.



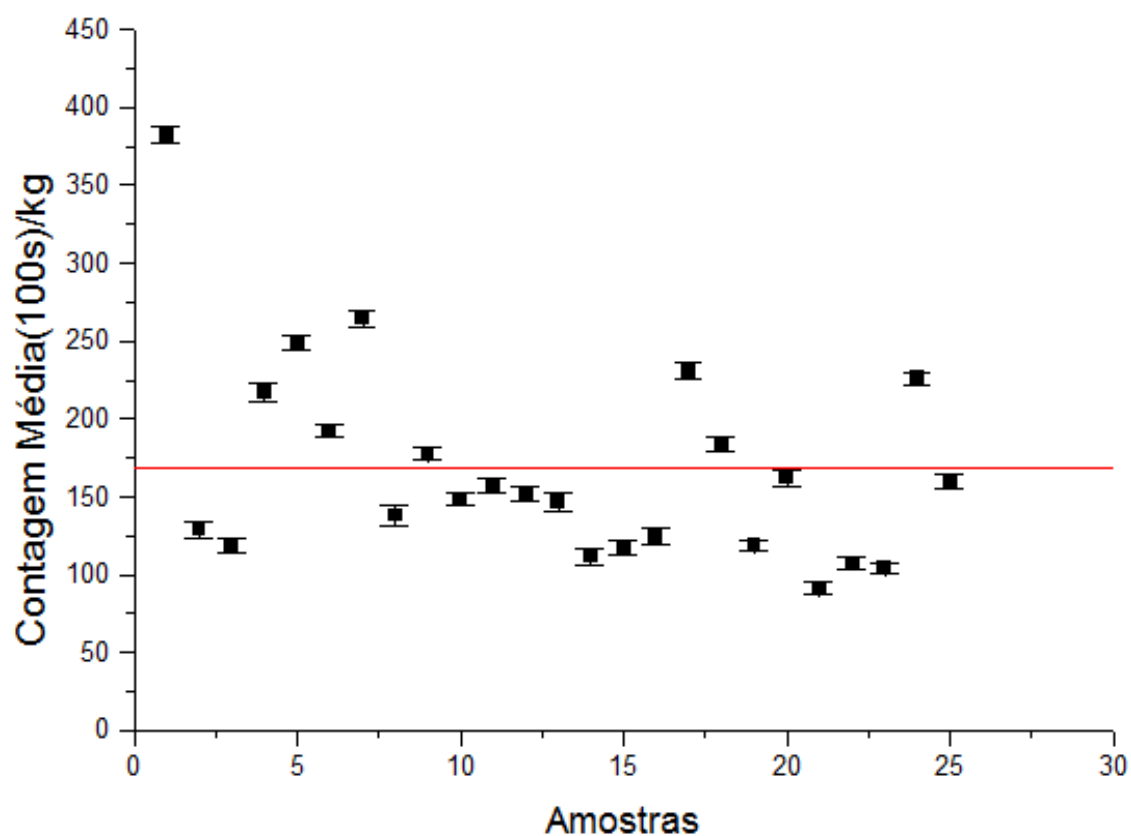


Figura 7.1 – Contagens médias por massa das amostras de lemanjá.

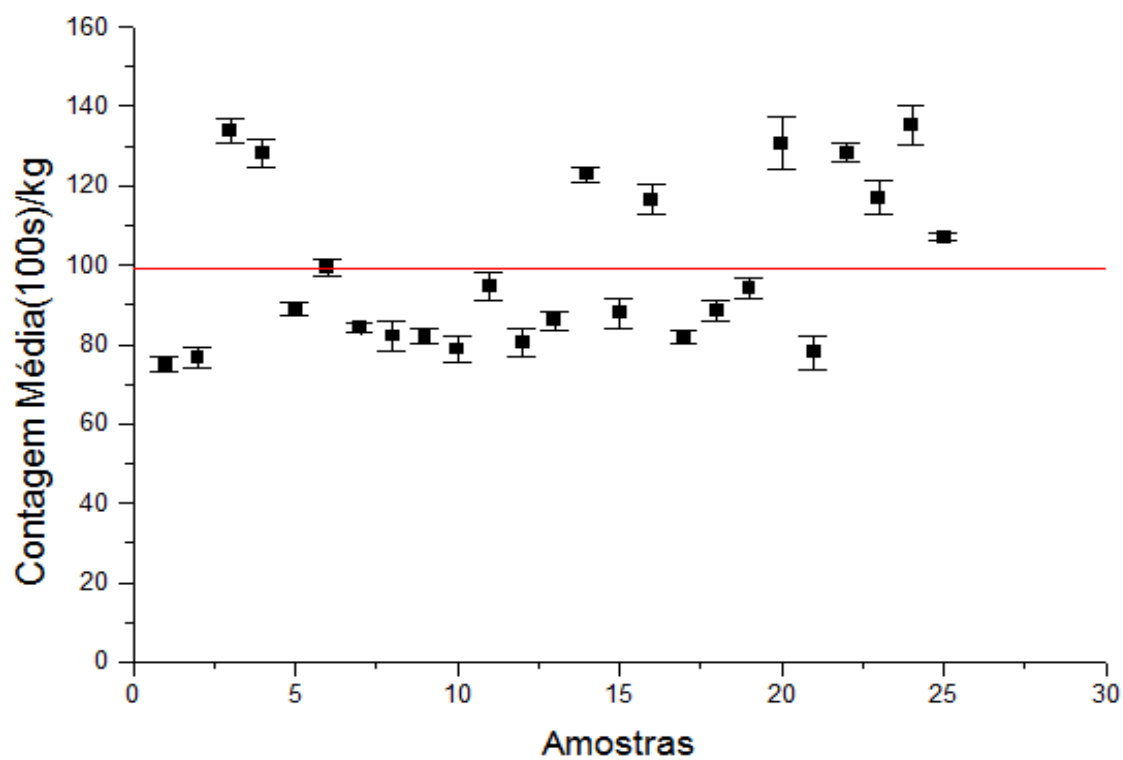


Figura 7.2 – Contagens médias por massa das amostras de Oficialis.

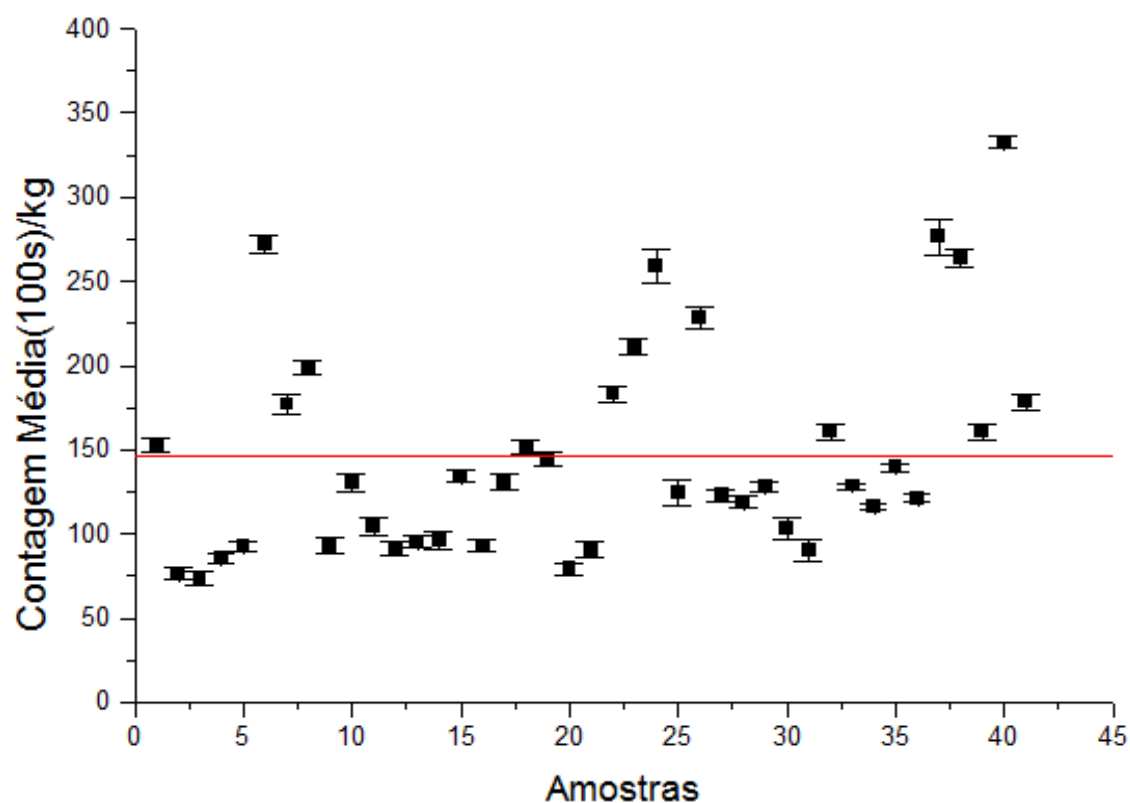


Figura 7.3 – Contagens médias por massa das amostras de Entre Piers.

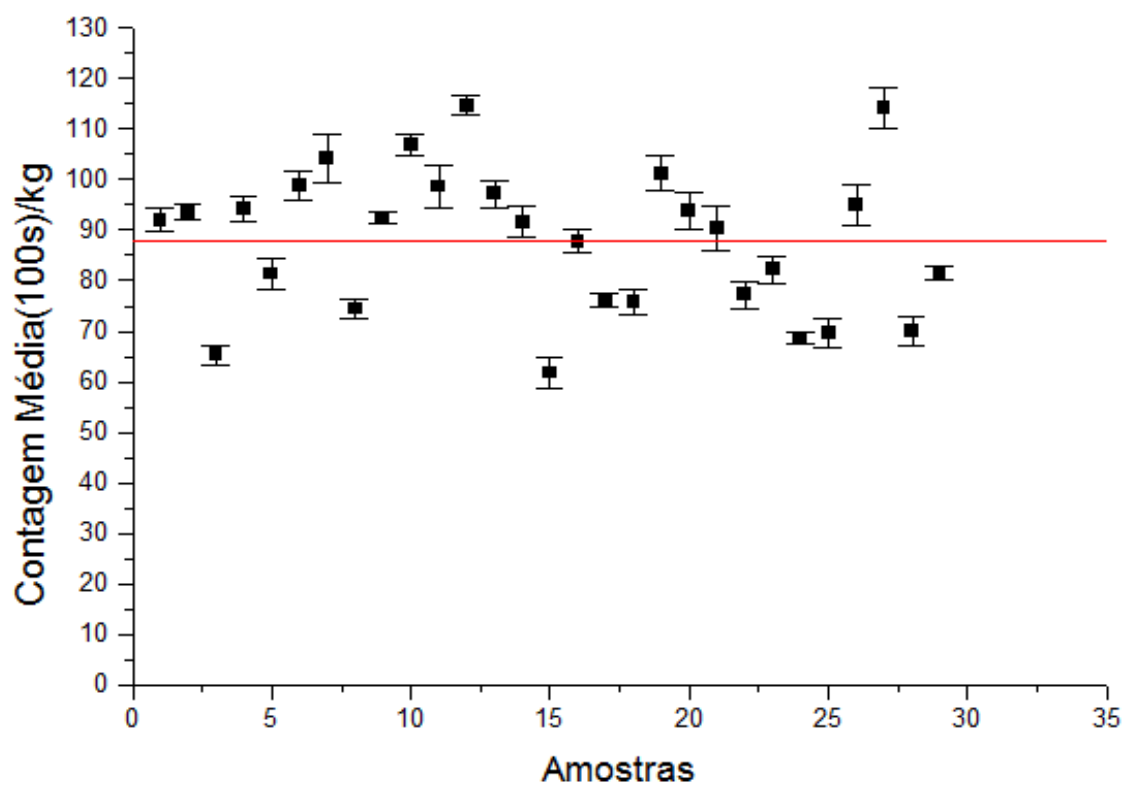


Figura 7.4 – Contagens médias por massa das amostras de Sereias.

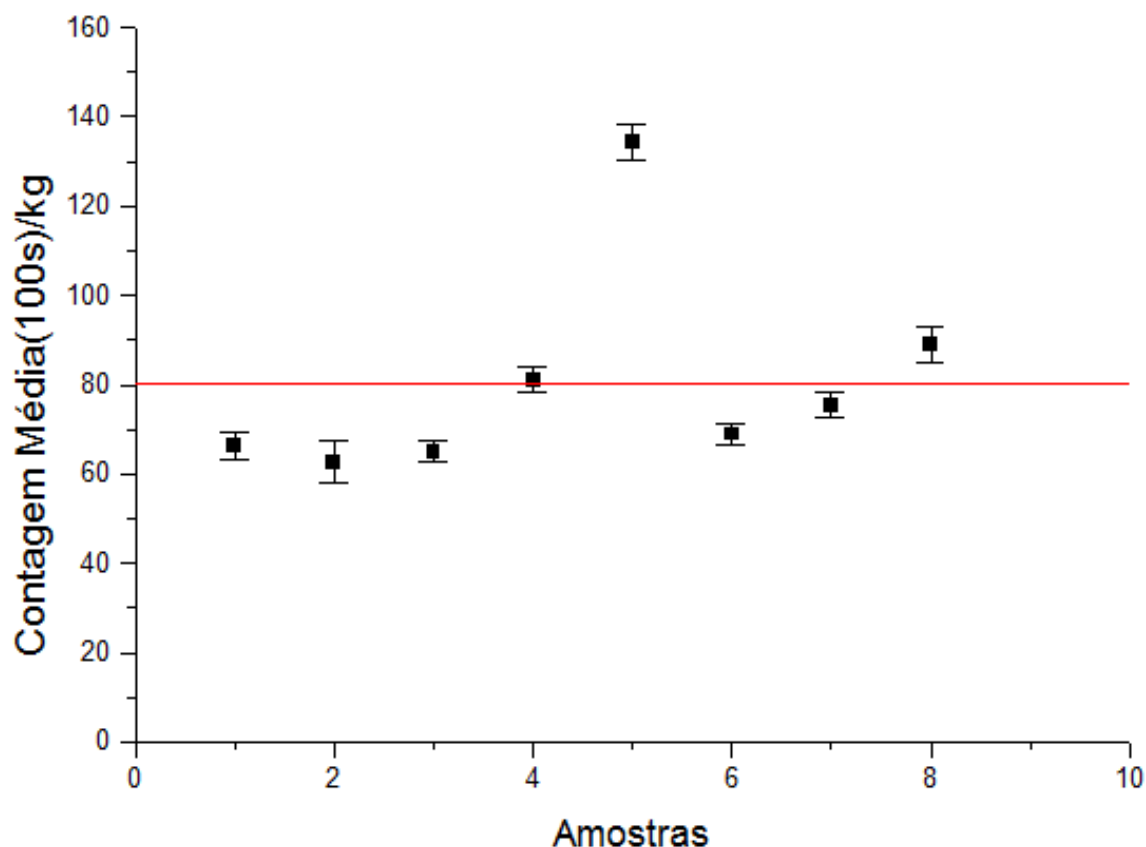


Figura 7.5 – Contagens médias por massa das amostras de Jacaraípe.

A partir dos gráficos, foi possível estabelecer paralelo entre o comportamento das amostras coletadas nas cinco praias do levantamento. Amostras analisadas na Praia da Sereia e na Praia de Jacaraípe apresentaram valores médios de 88(12) e 80(16) contagens(100s)/kg, respectivamente. Comparativamente, as amostras oriundas das regiões de Iemanjá, Oficiais e Entre Piers, na Praia de Camburi, apresentaram respectivamente médias de 169(49); 99(18) e 147(49) contagens(100s)/kg como mostrado nos gráficos 7.1 a 7.5. Essas médias manifestam significativas diferenças, sob o ponto de vista radiométrico, entre Camburi e as demais praias estudadas.

O comportamento radioativo das amostras revela uma importante conexão com a presença dos espigões na praia. A deriva longitudinal de norte para sul na Praia de Camburi, com ondas vindas de NE, deposita preferencialmente sedimentos a barlar, contribuindo para a manutenção da faixa de areia e os depósitos monazíticos em Iemanjá e Entre Piers. Em contrapartida, a região de Oficiais, distante da ação dos espigões e sem a entrada frontal das ondas devido às difrações da Ilha do Socó, recebe pouco sedimento e sofre com a erosão praial [12].

Nesta região é difícil encontrar depósitos monazíticos potenciais e seu comportamento é próximo ao das praias vizinhas a Camburi.

Como as manchas enegrecidas foram observadas apenas na região superficial do espriamento, a concentração de areias monazíticas tem pouca conexão com a ação antropogênica de engordamento artificial da praia. Acumulações enegrecidas não são visíveis na porção superior da praia, longe da ação de marés e tormentas.

O retrabalhamento dos grãos vistos nas amostras estudadas revela um processo muito antigo capaz de deixar mais esféricos minerais de alto grau de dureza. De maneira geral, pode-se dizer que esses minerais foram carreados ao longo de milhares de anos pela ação combinada de ventos, correntes marinhas, ondas e marés [27] e acumularam-se naturalmente na praia à exceção da presença dos espigões. Por isso o comportamento da região de Oficiais ser tão próximo de Sereias e Jacaraípe.

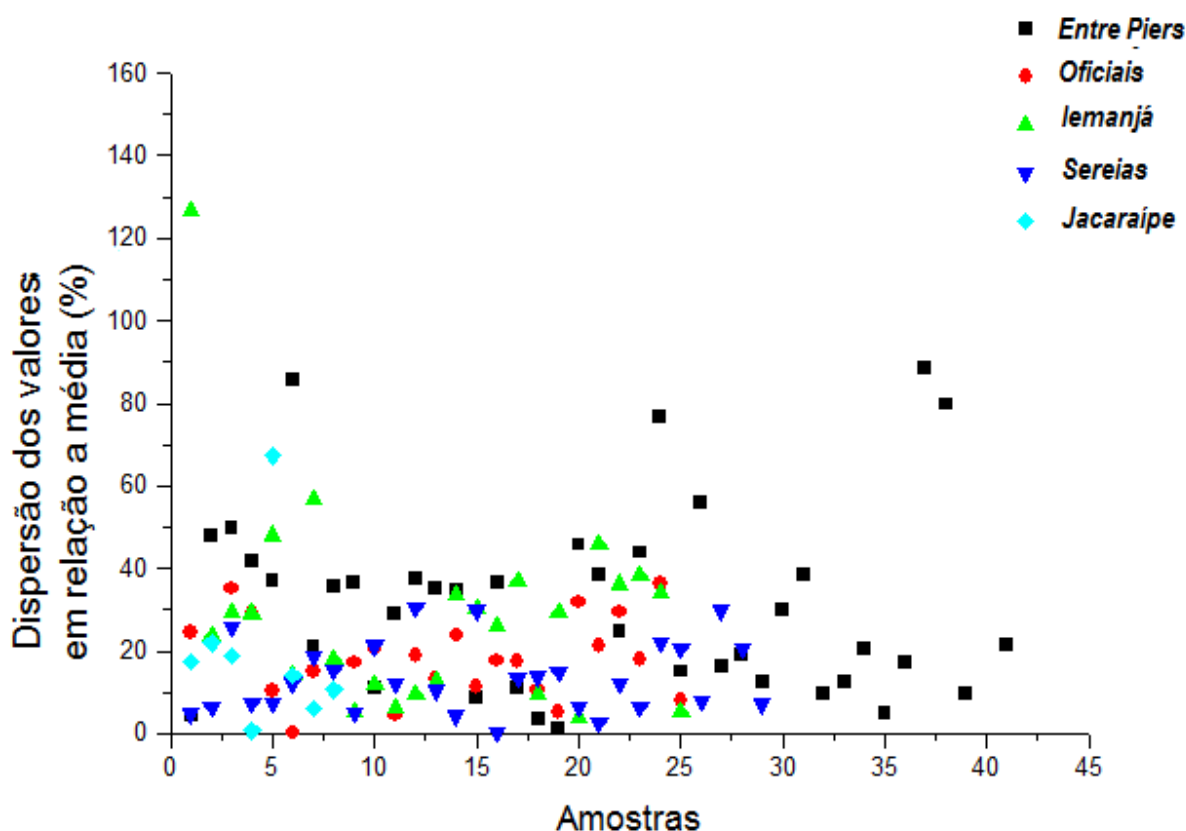


Figura 7.6 – Dispersão percentual das medidas em relação ao valor médio calculado para cada região estudada.

A observação do gráfico 7.6 expõe a complexidade dos mecanismos de deposição das areias na praia, revelando grandes dispersões em torno do valor médio obtido para as amostras coletadas. Dessa forma, é extremamente difícil estabelecer um único padrão radiométrico para as regiões estudadas.

Outro importante resultado é observado quando as porções de areia são separadas magneticamente com o auxílio de um ímã de neodímio. A separação magnética origina duas frações bem definidas: a fração preta, com um acentuado comportamento magnético, e a fração branca, com um fraco paramagnetismo associado. Essas frações apresentam, além de respostas magnéticas muito distintas, atividades radiométricas discrepantes.

Para a região de Iemanjá, foi selecionada a amostra 01 com coordenadas 20°17'28.42"S 40°17'22.15"O e contagem média de 382(110) contagens(100s)/kg. É a amostra que apresenta a maior contagem para a região. Parcela desta amostra foi separada magneticamente [30] e suas frações submetidas a quinze contagens radioativas de 100 s cada.

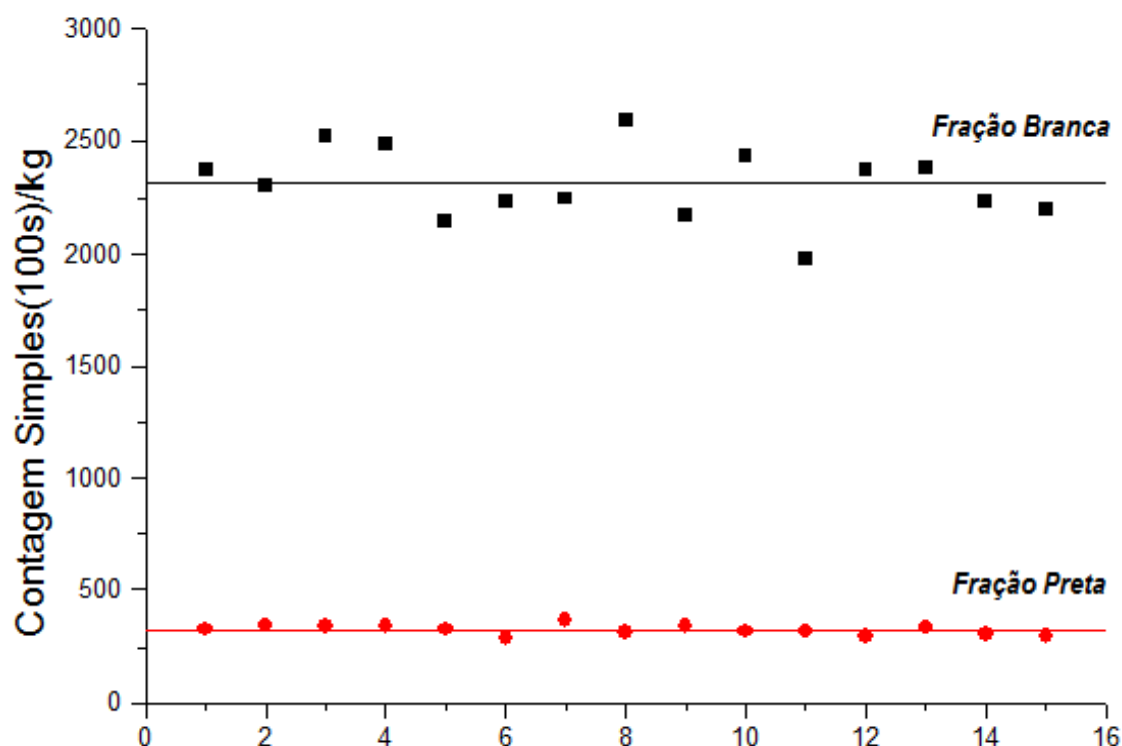


Figura 7.7 – Contagens simples por massa das frações da amostra 01 de Iemanjá.

A fração preta (250,8502 gramas (g)) representou 76,5% do total em massa e a fração branca (76,9145 g), apenas 23,5% deste total. Entretanto, a atividade radiométrica da fração branca superou em sete vezes a apresentada pela fração preta. As respectivas contagens médias das frações preta e branca foram de 2310(667) e 329(95) contagens(100s)/kg. A análise do gráfico 7.7 revela, portanto, que a maior parte do conteúdo radioativo presente nas amostras recolhidas está em sua fração branca.

As separações magnéticas evidenciaram também uma importante característica do conjunto de amostras recolhidas: a fração magnética corresponde entre 70 e 80% do total em massa. Isso decorre das elevadas massas atômicas do grupo de átomos que constituem a fração magnética, como o ferro e o titânio.

As medidas de massa foram realizadas na balança de precisão Marks (SSR 2- versão 2.0) da Bel Engineering com incerteza de 0,1 mg vinculada ao Laboratório de Transição de Fases (LETRAF) do Departamento de Física, no Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo.

## **7.2 – Resultados da Difração de Raios-X**

Para as análises de raios-x foram utilizadas as amostras com atividades radioativas acima da média para a sua respectiva região com o intuito de descobrir o conjunto de minerais presentes na constituição dos grãos.

### **7.2.1 - Iemanjá**

Nesta região, a amostra 01 foi novamente selecionada para a caracterização da fração magnética em relação à fração paramagnética.

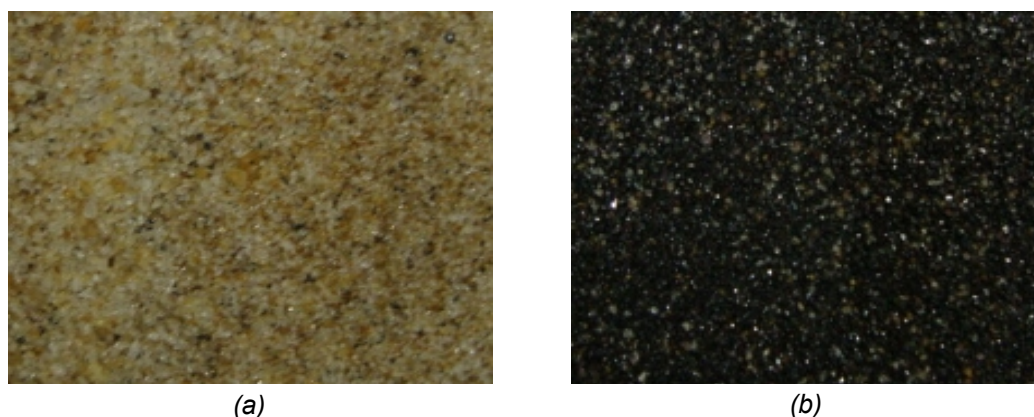


Figura 7.8 — Amostra 01 de lemanjá. (a) Fração branca. (b) Fração preta. Acervo pessoal.

Após moagem em pilão de ágata e peneiramento em malha de 20  $\mu\text{m}$ , as frações branca e preta foram analisadas com radiação de dubleto de cobre (Cu) de 1,54056 e 1,54439 Å entre 4 e 120° com passo de 0,01°. As medidas de raios-x foram realizadas utilizando a condição de Bragg no aparelho Rigaku modelo Ultima IV vinculado ao departamento de Engenharia Mecânica (PPGEm).

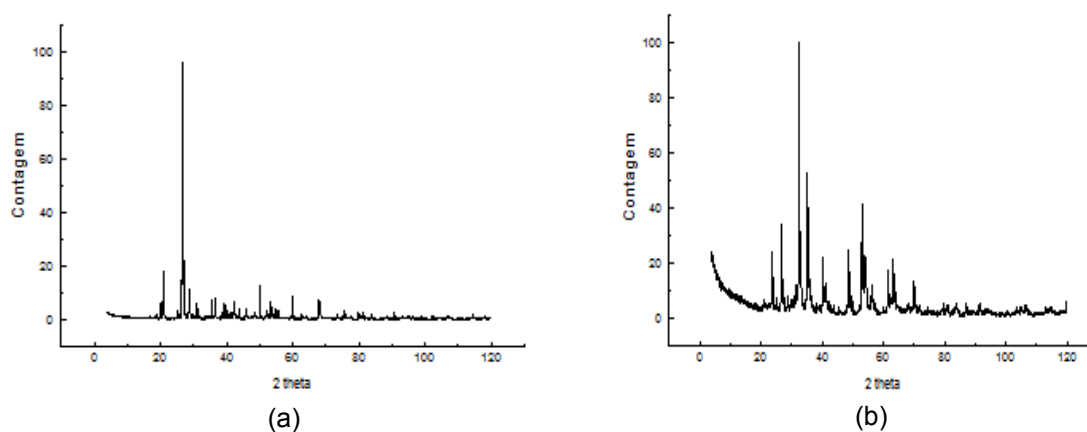


Figura 7.9 — Amostra 01 de lemanjá. (a) Difratoograma normalizado da fração branca. (b) Difratoograma normalizado da fração preta.

A análise dos difratogramas permitiu encontrar, via estudos em fichas de padrão cristalográficos (PDF), as composições apresentadas na tabela 7.1.

Tabela 7.1: Composição das frações preta e branca da amostra 01 da região de Iemanjá.

<b>Fração Preta</b>	<i>Ilmenita</i> ( $\text{FeTiO}_3$ ) (62,172%)	<b>Fração Branca</b>	<i>Óxido de Silício <math>\alpha</math></i> ( $\text{SiO}_2$ ) (60,007%)
	<i>Rutilo W-Rich</i> ( $\text{Ti}_{0.0894}\text{V}_{0.069}\text{Sb}_{0.014}\text{W}_{0.022}\text{O}_2$ ) (16,373%)		<i>Óxido de Tório e Lantânio</i> ( $\text{La}_{1.64}\text{Th}_{2.36}\text{O}_{7.18}$ ) (21,871%)
	<i>Tin Óxido de Ferro</i> ( $\text{Fe}_{1.874}\text{Sn}_{0.096}\text{O}_3$ ) (14,907%)		<i>Fosfato de Urânio e Cério</i> ( $\text{Ce}_{0.9}\text{U}_{0.1}\text{PO}_4$ ) (18,121%)
	<i>Óxido de Silício <math>\alpha</math></i> ( $\text{SiO}_2$ ) (6,547%)		<i>Monazita-(Ce)</i> ( $(\text{Ce},\text{La},\text{Nd})\text{PO}_4$ ) (menor que 0,1%)
			<i>Fluoreto de Sódio e Tório</i> ( $\text{Na}_3\text{Th}_2\text{F}_{11}$ ) (menor que 0,1%)

## 7.2.2 – Entre Piers

A amostra 08 com coordenadas 20°16'21.51"S 40°16'41.35"O e atividade de 199(67) contagens(100s)/kg foi examinada nesta região. As frações branca e preta foram separadas com o auxílio de um ímã de neodímio, moídas em pilão de ágata e peneiradas em malha de 20  $\mu\text{m}$ . As análises apresentadas a seguir foram realizadas no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) com feixe de elétrons de 1.23986 Å e varredura entre 8 e 97,985° com passo de 0.015°.

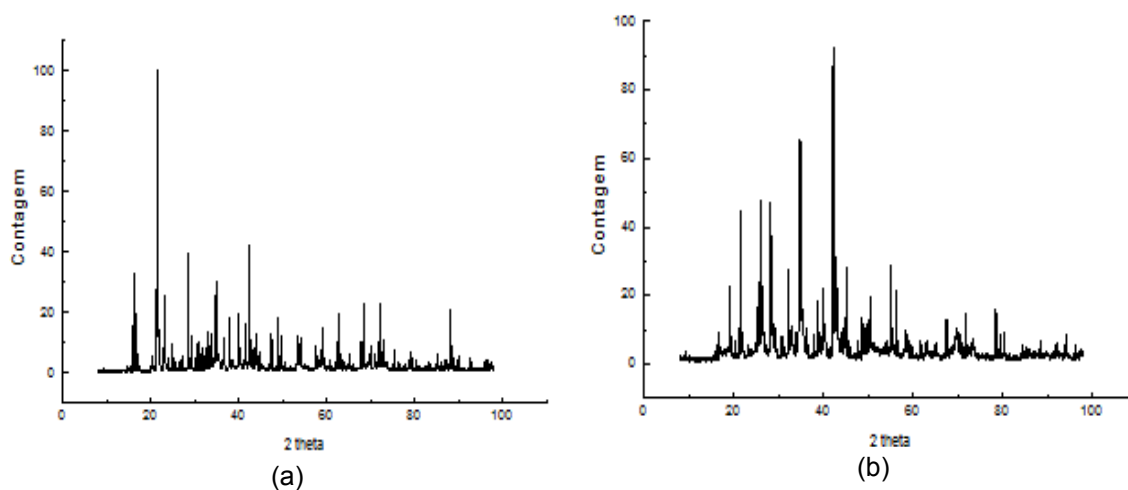


Figura 7.10 – Amostra 08 de Entre Piers. (a) Difratoograma normalizado da fração branca. (b) Difratoograma normalizado da fração preta.



Tabela 7.2: Composição das frações preta e branca da amostra 08 da região de Entre Piers.

<b>Fração Preta</b>	Óxido de Silício $\alpha$ ( $\text{SiO}_2$ ) (66,5603%)	<b>Fração Branca</b>	Óxido de Silício $\alpha$ ( $\text{SiO}_2$ ) (81,9755%)
	Zirquelite ( $\text{Ca}_{0.84}\text{Na}_{0.31}\text{Th}_{0.26}\text{Ce}_{0.60}\text{Zr}_2$ $\text{FeTi}_{2.16}\text{Nb}_{0.52}\text{Ta}_{0.32}\text{O}_{14}\text{H}_{0.53}$ ) (17,1563%)		Zircão ( $\text{ZrSiO}_4$ ) (13,1005%)
	Zircão ( $\text{ZrSiO}_4$ ) (16,2834%)		Fosfato de Urânio e Cério ( $\text{Ce}_{0.9}\text{U}_{0.1}\text{PO}_4$ ) (3,0106%)
			Óxido de Alumínio, Nióbio e Titânio ( $\text{Ti}_{0.6}\text{Al}_{0.2}\text{Nb}_{0.2}\text{O}_2$ ) (1,9134%)

As análises de raios-x evidenciaram minerais típicos da areia (óxido de silício) e do agregado monazítico (zircão, rutilo e ilmenita). Compostos de ferro (óxido de ferro) também são encontrados com facilidade na fração preta e compõem parte importante de sua resposta magnética. Em contrapartida, a presença exclusiva de óxidos e fosfatos nas frações brancas expõe o seu fraco caráter paramagnético.

A fração branca possui também grande quantidade de compostos com radionuclídeos (óxido de tório e lantânio, fosfato de urânio e cério e fluoreto de sódio e tório) reforçando a tese de que a maior parte do conteúdo radioativo das amostras é exclusivo desta fração.

O detalhamento das análises dos difratogramas e os resultados encontrados nas fichas PDF encontram-se no ANEXO B.

### 7.3 – Resultados das Medidas de Microscopia (MEV)

As imagens de MEV e as análises EDS foram feitas a partir dos cristais de areia coletados na Praia de Camburi no período do trabalho e revelaram um conjunto de grãos bem selecionados e com composição diversa, típicos das areias que sofreram

um contínuo retrabalhamento na margem continental. A morfologia, a topografia e a composição química foram analisadas em um microscópio ZEISS EVO 40 com uma magnificação de até 10.000 vezes, com feixe eletrônico de energia de 20 keV e corrente na sonda da ordem de 25  $\mu$ A. O equipamento está vinculado ao Laboratório de Análise de Superfície de Materiais do Departamento de Engenharia Mecânica, no Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo.

As amostras não condutoras foram previamente metalizadas antes de serem submetidas à análise MEV/EDS. A metalização consiste na precipitação a vácuo de uma película micrométrica de um material condutor sobre a superfície da amostra, possibilitando a condução da corrente elétrica. Neste trabalho, todas as amostras foram metalizadas a partir de uma liga de ouro e paládio com exceção das frações pretas que, por serem constituídas basicamente de metais, já são condutoras. Em caso de avaliação da areia como uma única amostra, ou seja, sem separação das frações preta e branca, seu conteúdo também passou pelo processo de metalização a fim tornar condutora a fração constituída de óxidos e fosfatos.

### 7.3.1 – Iemanjá

Nesta região, a amostra 01 foi descrita de duas formas distintas. Para a primeira análise, uma pequena porção foi submetida a separação magnética utilizando um ímã de neodímio. As frações branca e preta foram então moídas em pilão de ágata e peneiradas em malha de 20  $\mu$ m. A segunda análise consistiu em peneirar todo o conteúdo da amostra restante para uma descrição granulométrica. As amostras foram peneiradas naturalmente e não passaram por moagem prévia. Foram utilizadas malhas de 38, 53 e 100  $\mu$ m e, portanto, analisados quatro diferentes conjuntos de tamanhos de grãos. O primeiro grupo reuniu grãos com diâmetro maior que 100  $\mu$ m, o segundo, reuniu grãos com diâmetro entre 53 e 100  $\mu$ m, o terceiro contemplou grãos com diâmetro entre 53 e 38  $\mu$ m e o último grupo, grãos com diâmetro menor que 38  $\mu$ m.

A massa total peneirada na segunda análise foi de 209,6032 g. Deste total, os grãos do primeiro grupo representaram 99,847 % em massa. O segundo, o terceiro e o

quarto grupo tiveram somados menos de 1 g, fato que revela a boa seleção dos grãos da amostra recolhida.

### 7.3.1.1- Grãos separados magneticamente, moídos e peneirados em malha de 20 $\mu\text{m}$ .

#### 7.3.1.1.1- Fração Branca

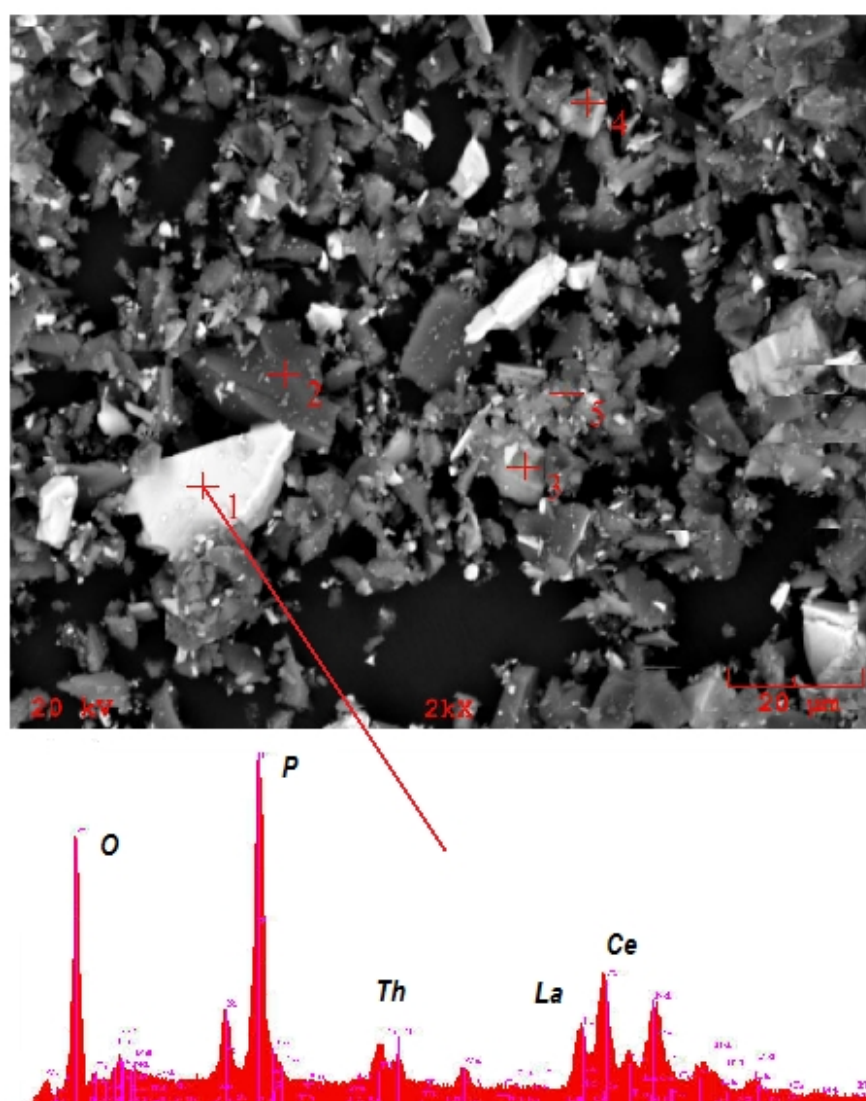


Figura 7.11 — Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 2.000 vezes e análise EDS para o ponto 1.

A fração branca desta porção apresentou um conjunto não uniforme de grãos irregulares com marcada presença de átomos próprios da monazita (Ce e La), do grupo fosfato (P e O) e de radionuclídeos (Th), revelando uma forte consonância com o espectro de raios-x analisado anteriormente. Como pode ser visto na figura 7.11, os grãos com fosfatos radioativos apresentam um *brilho* pronunciado quando analisados com elétrons retroespalhados.

#### 7.3.1.1.2- Fração Preta

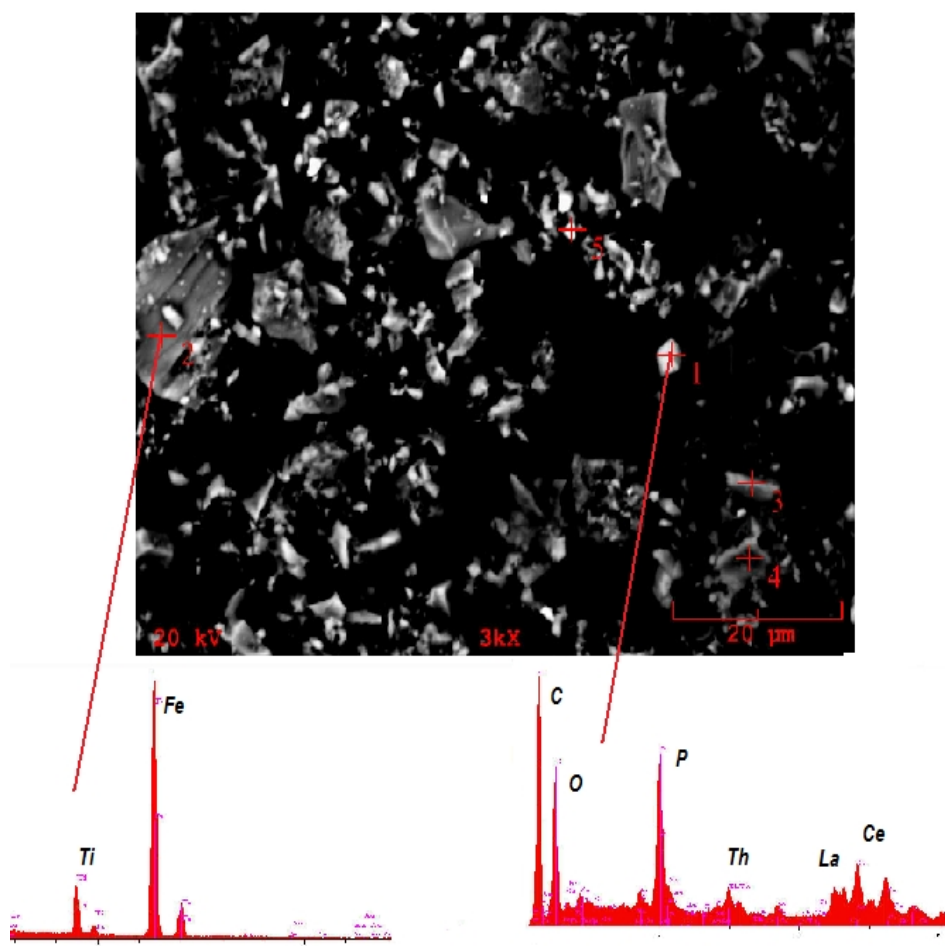


Figura 7.12 — Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 3.000 vezes e análise EDS para os pontos 1e 2.

A fração preta desta porção apresentou um conjunto não uniforme de grãos compostos basicamente por cristais de ilmenita (Fe, Ti) como apresentado na análise EDS do ponto 2 na figura 7.12. A separação magnética quantifica o conteúdo de grãos da fração preta, contudo, não elimina a possibilidade de contaminação por grãos da fração branca que possam vir adsorvidos a sua superfície. Por essa razão, é fácil encontrar grãos de fosfatos radioativos entre os grãos da fração preta como mostra a análise EDS do ponto 1 da figura 7.12.

### 7.3.1.2- Grãos submetidos ao processo de separação granulométrica.

#### 7.3.1.2.1- Grupo I (grãos com diâmetro maior que 100 $\mu\text{m}$ )

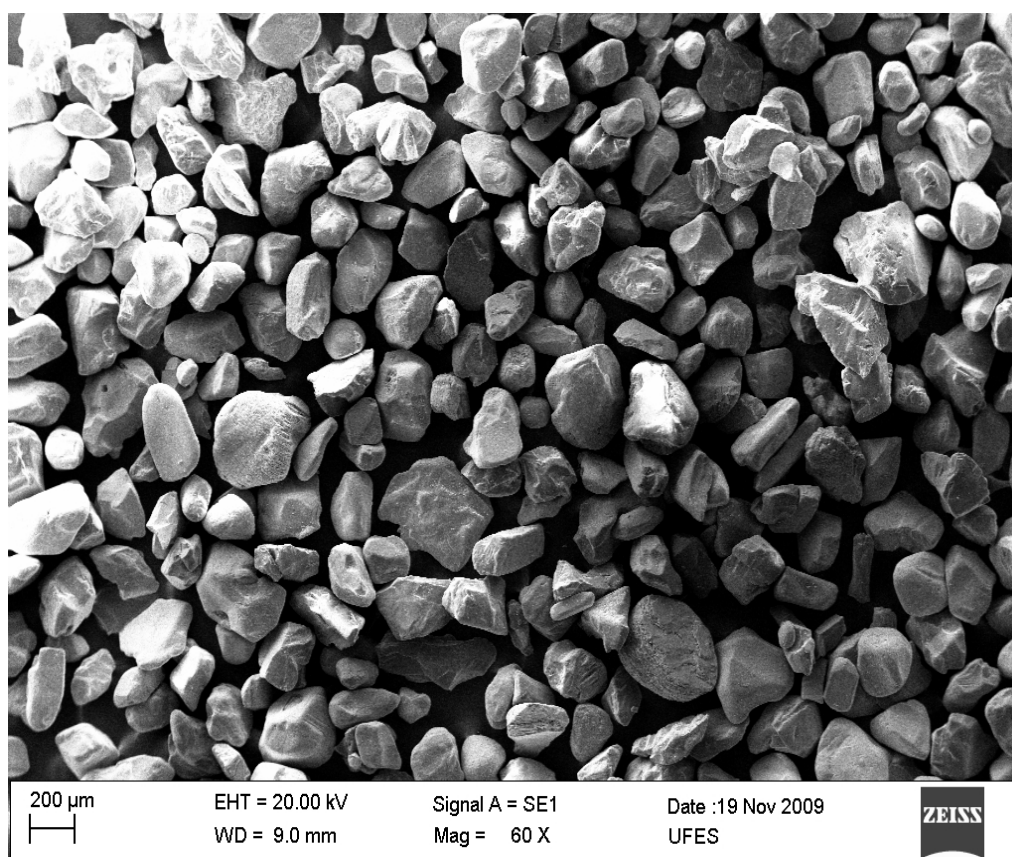


Figura 7.13 — Imagem por elétrons secundários com ampliação de 60 vezes.

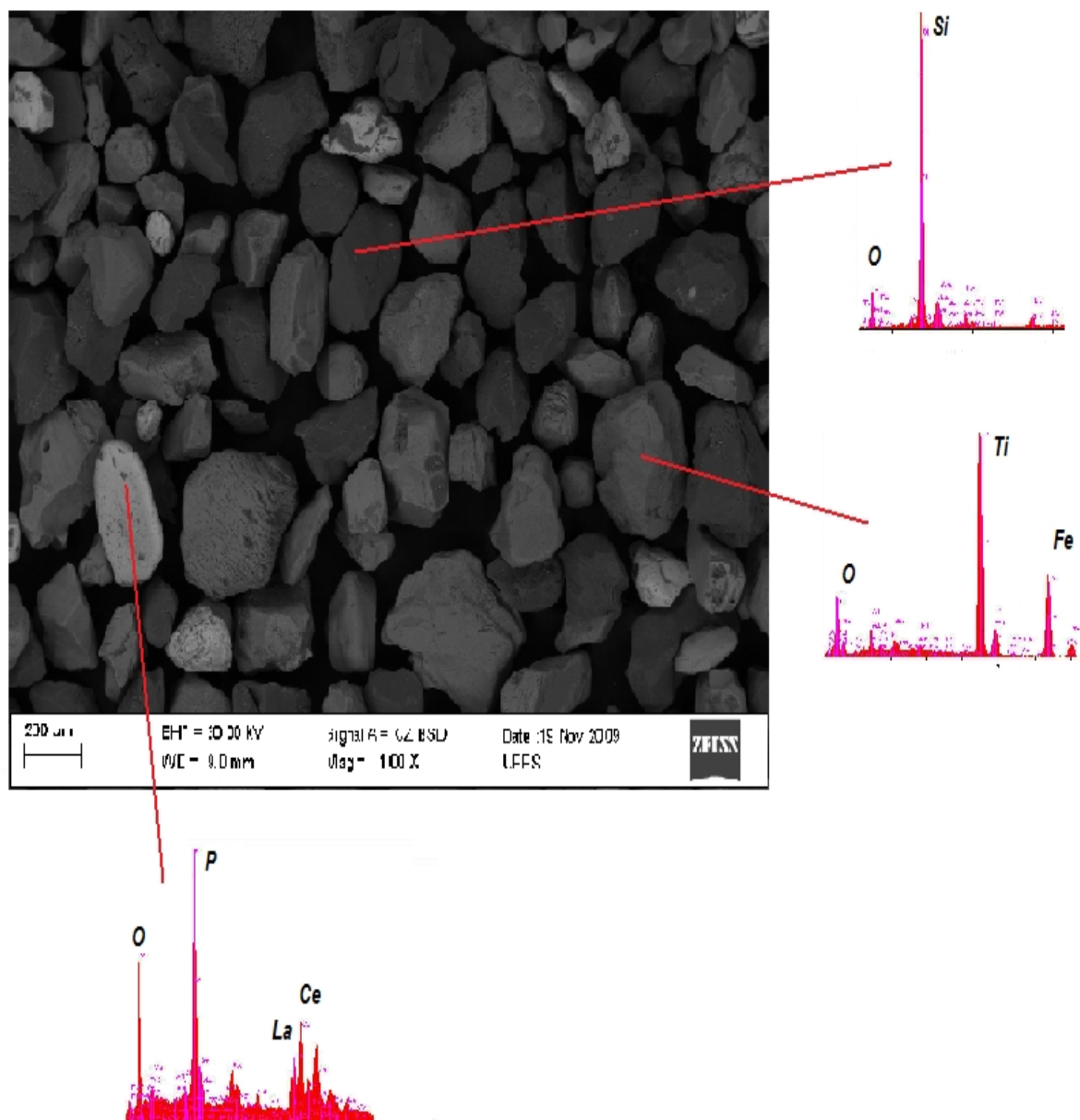


Figura 7.14 — Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque.



### 7.3.1.2.2- Grupo II (grãos com diâmetro entre 53 e 100 $\mu\text{m}$ )

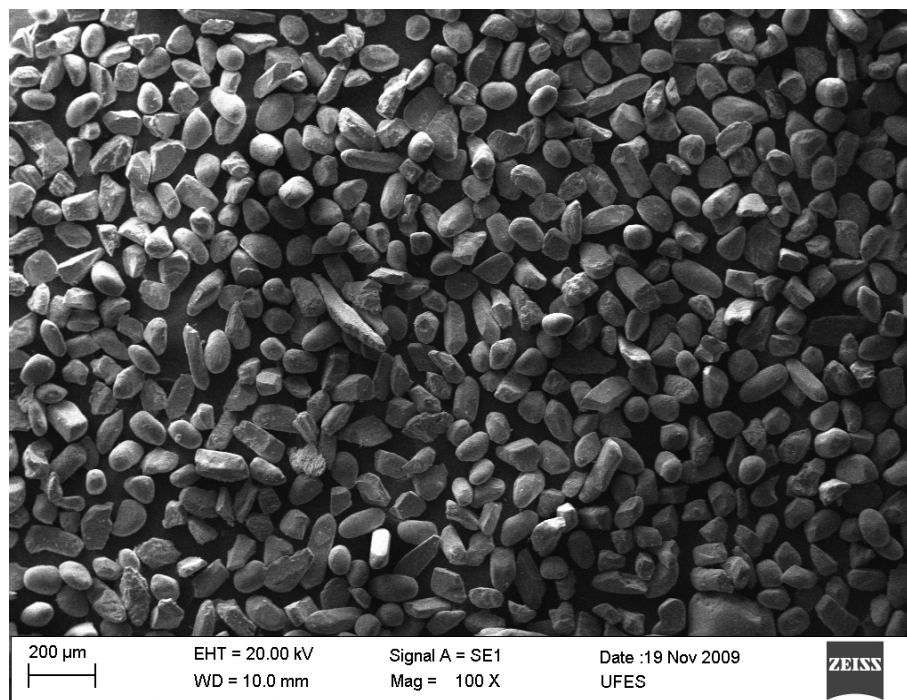


Figura 7.15 — Imagem por elétrons secundários com ampliação de 100 vezes.

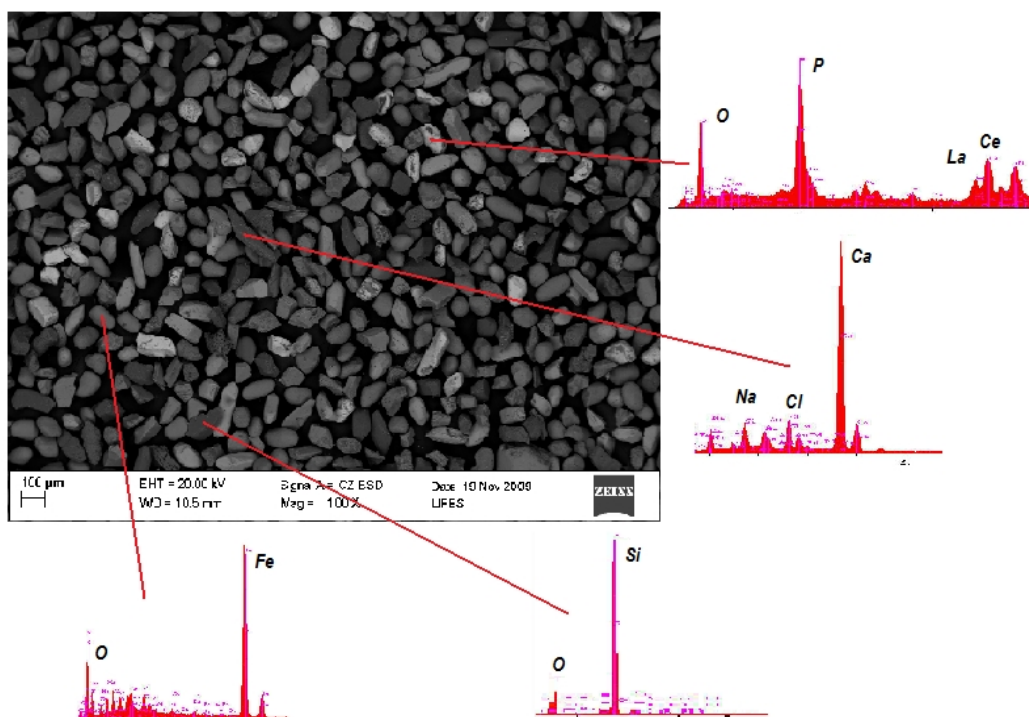


Figura 7.16 — Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque.

### 7.3.1.2.3- Grupo III (grãos com diâmetro entre 38 e 53 $\mu\text{m}$ )

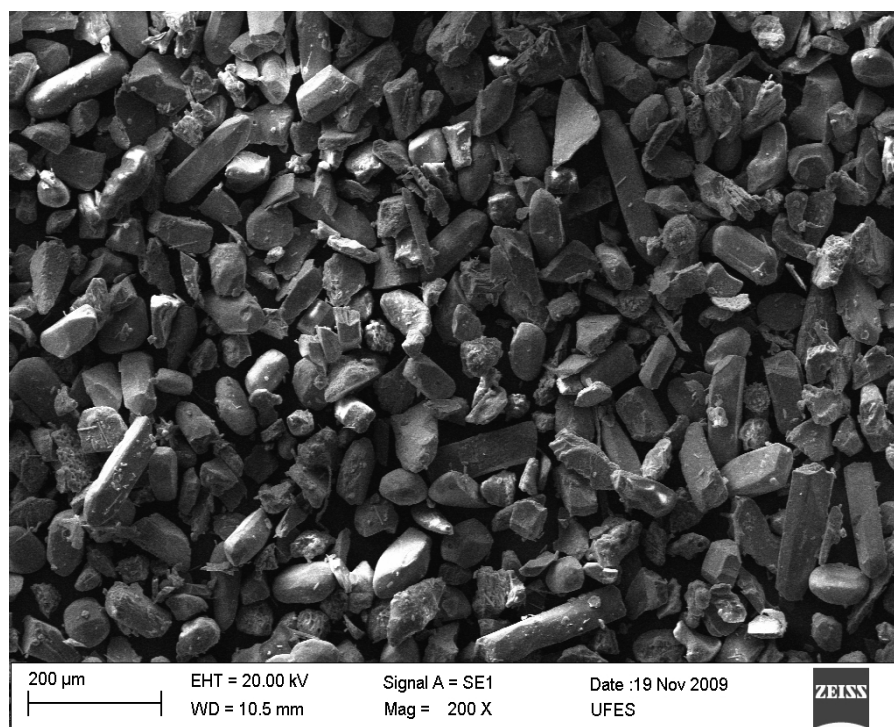


Figura 7.17 – Imagem por elétrons secundários com ampliação de 200 vezes.

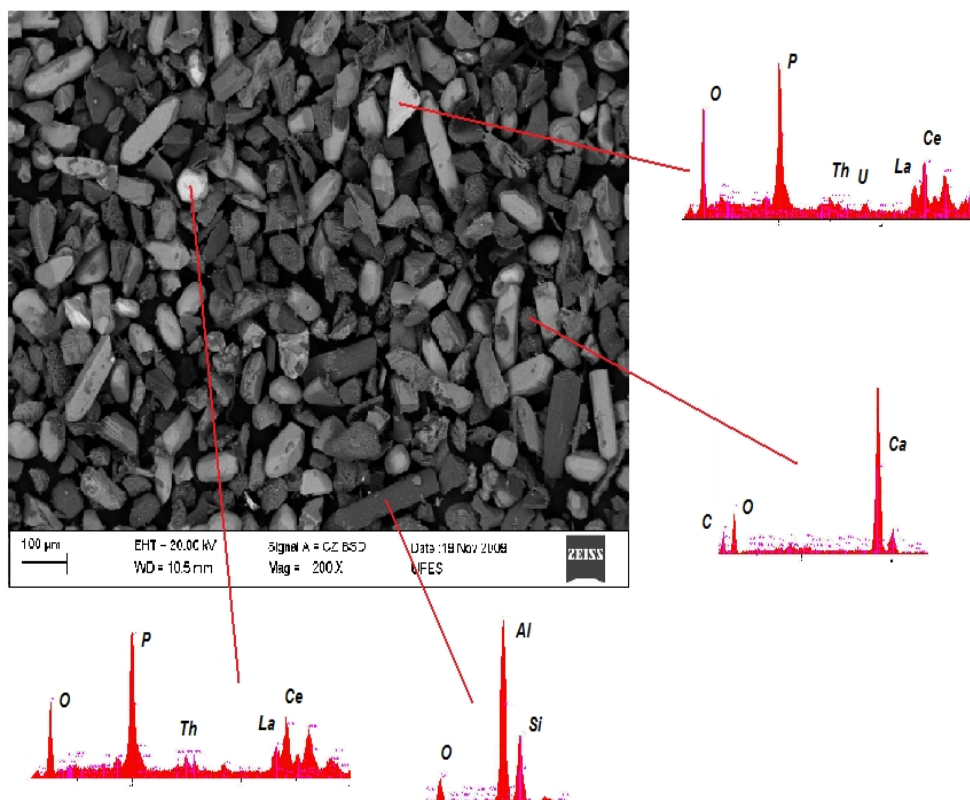


Figura 7.18 – Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 200 vezes e análise EDS dos pontos em destaque.



#### 7.3.1.2.4- Grupo IV (grãos com diâmetro inferior a 38 $\mu\text{m}$ )

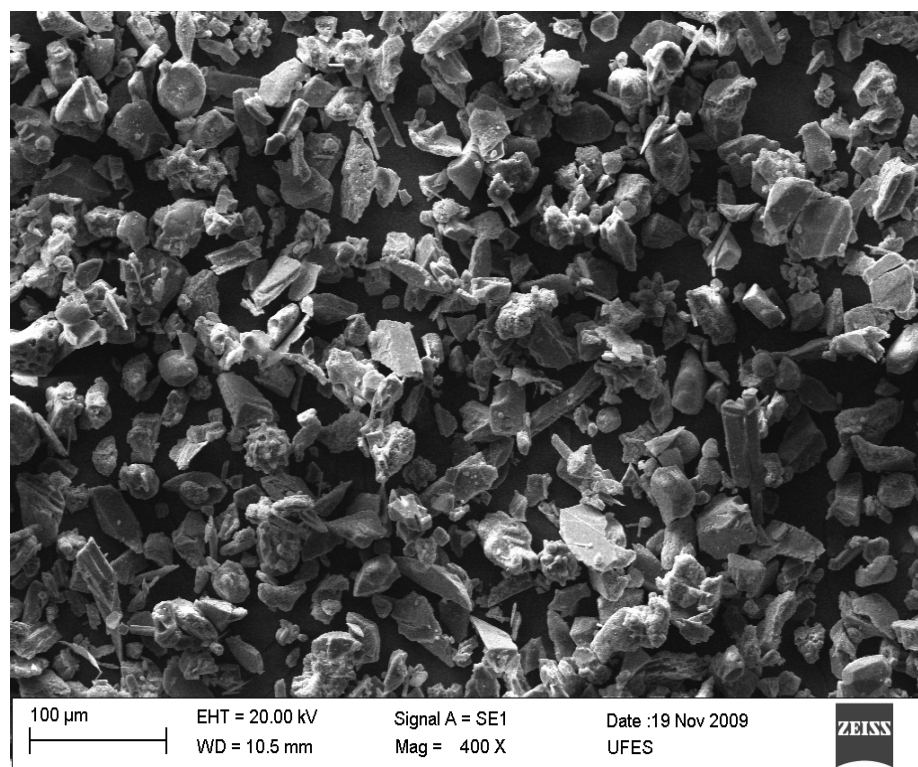


Figura 7.19 — Imagem por elétrons secundários com ampliação de 400 vezes.

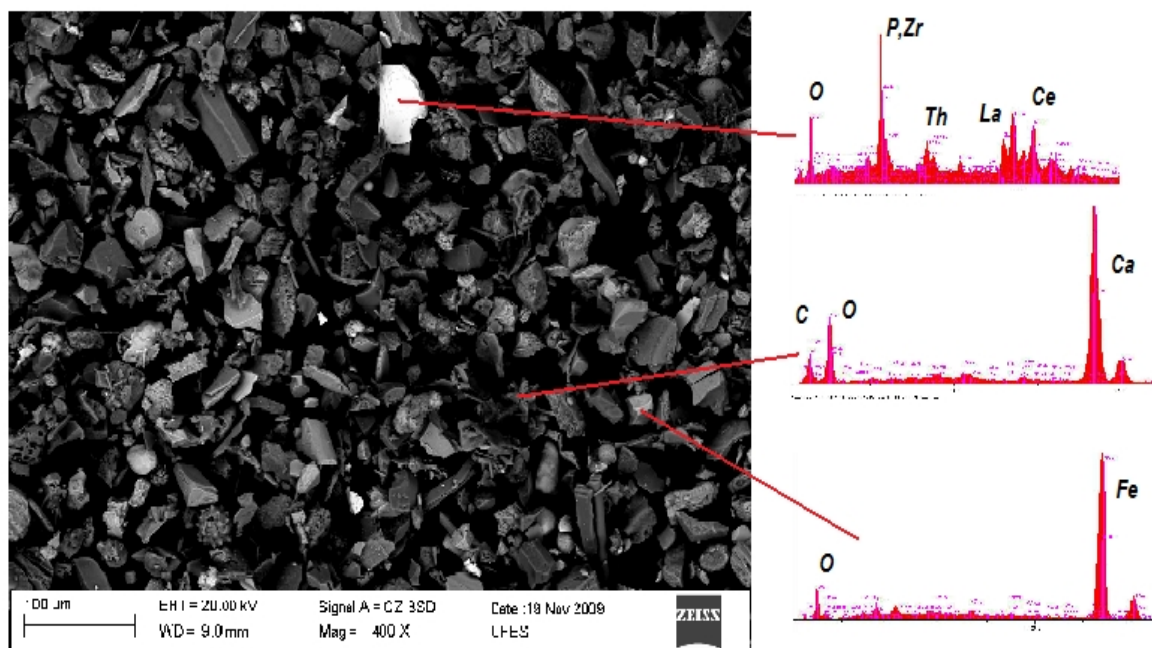


Figura 7.20 — Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 400 vezes e análise EDS dos pontos em destaque.

Os três primeiros grupos apresentaram grãos uniformes e com um alto grau de retrabalhamento, haja vista o arredondamento de suas extremidades. Este fato corrobora a ideia de que esses sedimentos vêm sendo transportados por milhares de anos antes de sua deposição na praia. O quarto grupo, entretanto, apresentou grãos mais irregulares e um grande número de conchas de foraminíferos como visto na figura 7.12. Os foraminíferos são minúsculos invertebrados marinhos pertencentes ao reino protista que possuem uma concha protetora geralmente formada por calcita ( $\text{CaCO}_3$ ).

Grãos do quarto grupo possuem tamanho tão diminuto e massa tão inexpressiva que pouco sofrem com processos abrasivos causados pelo carreamento de sedimentos no leito marinho. Seu transporte ocorre prioritariamente por suspensão na água ou no ar, ao sabor das correntes marinhas, das marés e dos ventos [27]. No entanto, a angulosidade dos grãos do quarto grupo não contraria a hipótese de um longo retrabalhamento dos grãos da amostra, pois sua massa representa apenas 0,002% do total peneirado.

A composição básica dos quatro grupos estudados é bastante semelhante e revela não haver uma forte conexão entre o tamanho dos grãos e sua mineralogia. Cristais de fosfatos radioativos foram encontrados em todos os grupos estudados.

### **7.3.2 – Oficiais**

Nesta região, a amostra 03 com 134(25) contagens(100s)/kg foi analisada. Essa amostra é a que possui a segunda maior contagem na região de Oficiais. Os grãos não passaram por moagem ou peneiramento, apenas pela separação magnética com o uso de um ímã de neodímio.

### 7.3.2.1- Fração Branca

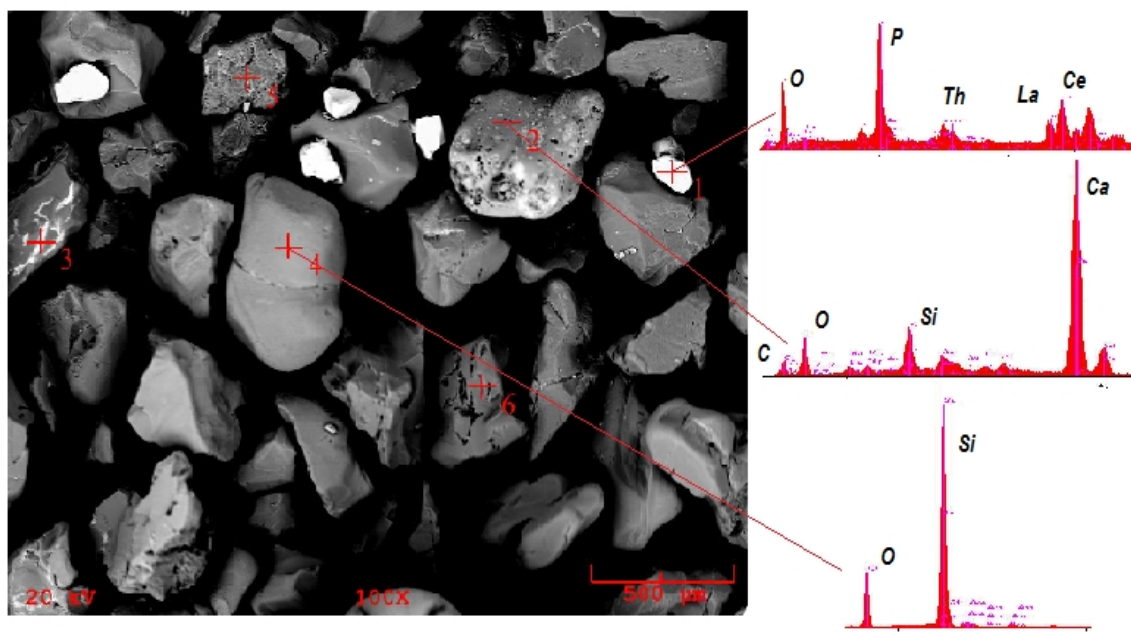


Figura 7.21 — Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque.

Os grãos analisados possuem formas e tamanhos variados. O estudo via EDS permitiu concluir a presença de grãos de calcita silicificados (ponto 2), quartzo (ponto 4) e fosfatos enriquecidos com radionuclídeos (ponto 1).

### 7.3.2.2- Fração Preta

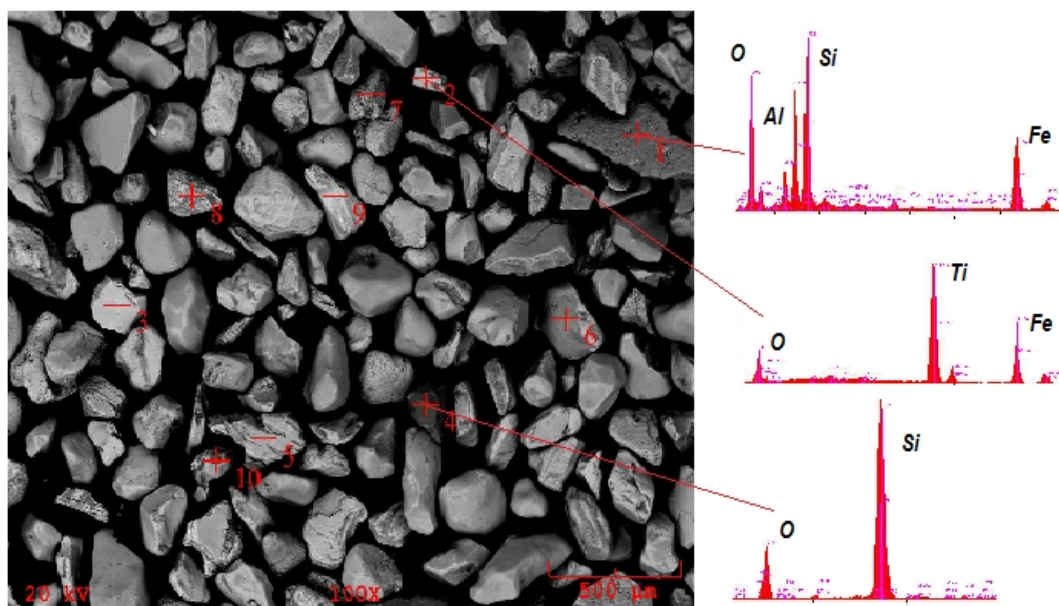


Figura 7.22 — Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque.

Os grãos analisados possuem uma distribuição homogênea e pouco angulosa, revelando o alto retrabalhamento sofrido. A composição é caracterizada pela importante presença de ilmenita (Fe, Ti e O), magnetita (Fe e O) e quartzo (Si e O). Aluminossilicatos também podem ser encontrados em menores proporções.

### 7.3.3 – Entre Piers

A amostra 08 foi novamente descrita nessa região. Os grãos passaram apenas pela separação magnética com o uso de um imã de neodímio, sem moagem ou peneiramento.



### 7.3.3.1 – Fração Branca

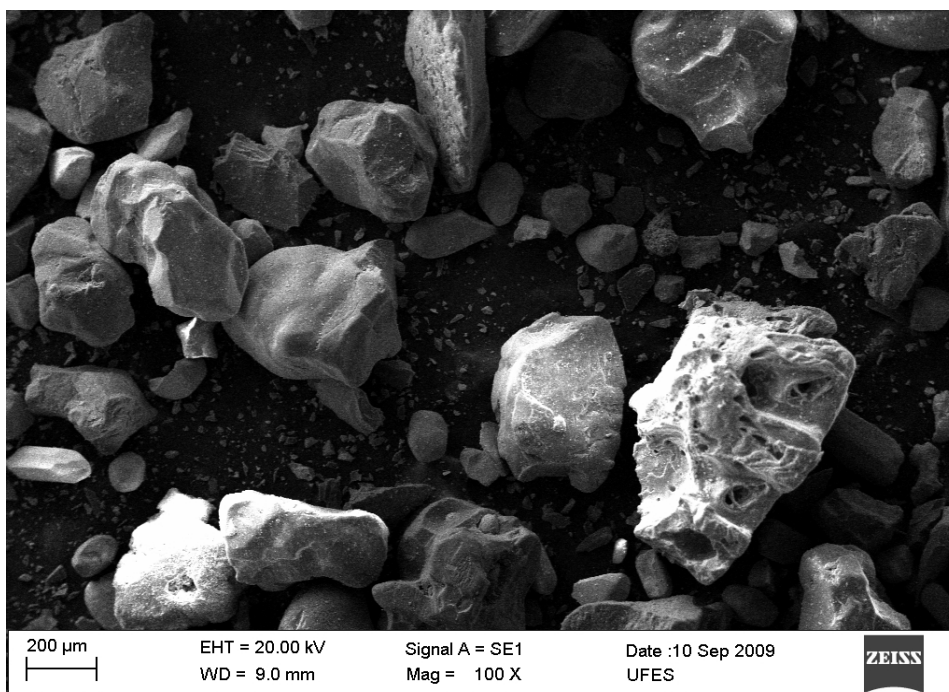


Figura 7.23 — Imagem por elétrons secundários com ampliação de 100 vezes

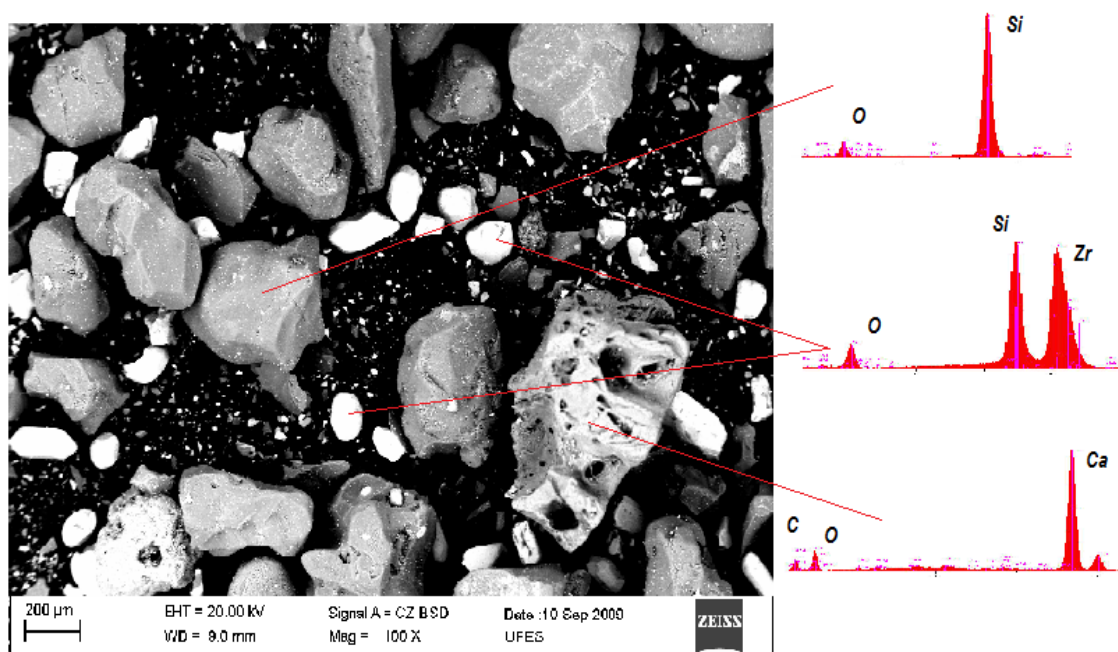


Figura 7.24 — Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque.

Os grãos analisados possuem uma tripla composição bem marcada. Foram encontrados grãos de quartzo, zircão e calcita. A ausência de fosfatos pode ser atribuída ao pequeno número de pontos analisados, ao baixo percentual de compostos com radionuclídeos como exposto na análise de raios-x e ao fato de que a amostra analisada representa apenas a oitava maior contagem para a sua região.

### 7.3.3.2 – Fração Preta

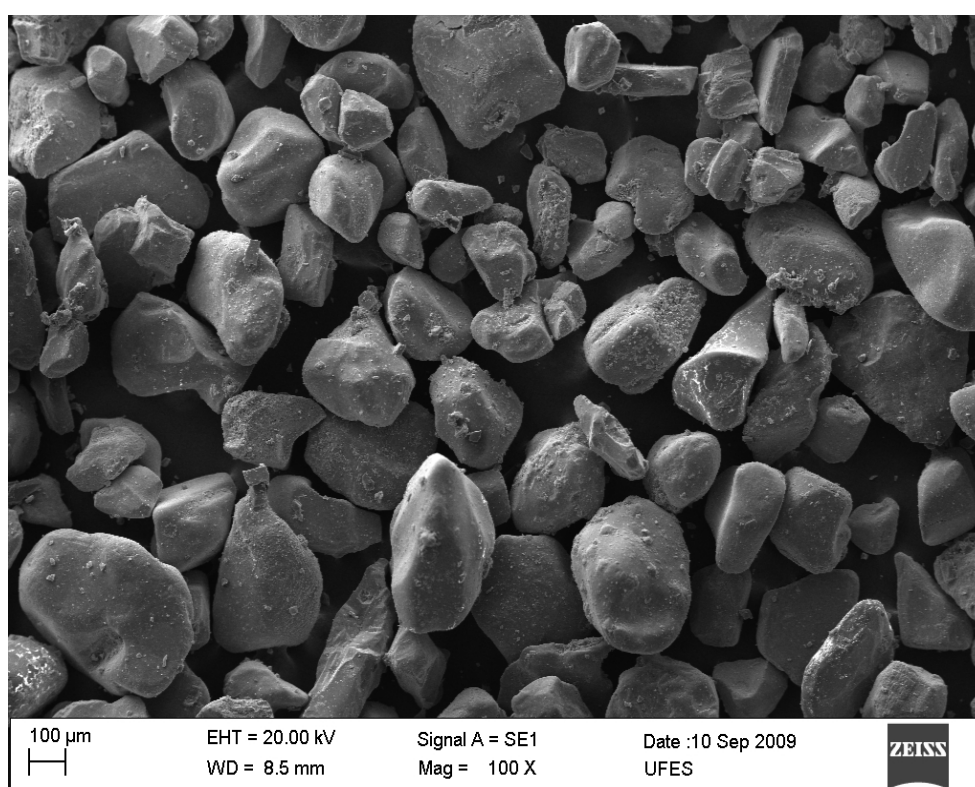


Figura 7.25 — Imagem por elétrons secundários com ampliação de 100 vezes

Os grãos analisados possuem uma distribuição homogênea com arestas abauladas. A composição é caracterizada basicamente pela presença de ilmenita (Fe, Ti e O) , magnetita (Fe e O) e rutilo (Ti e O) conforme expresso na figura 7.26.

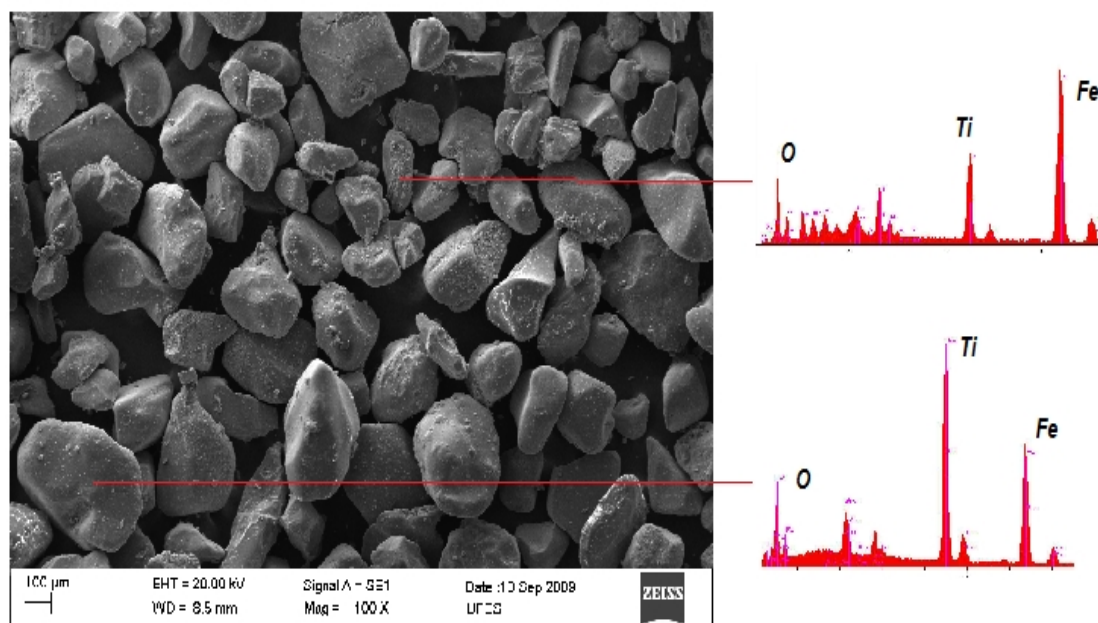


Figura 7.26 — Imagem por elétrons retroespalhados com ampliação de 100 vezes e análise EDS dos pontos em destaque.

## Capítulo 8

### Conclusão

As praias são linhas de costa formadas por sedimentos inconsolidados. Segundo Press *et al* [27], uma praia é uma cena de movimento incessante. As praias podem mudar de forma de um dia para outro, com o passar das semanas, dos anos ou das estações. As ondas e as marés podem, algumas vezes, alargar e estender a praia por meio da deposição de areia e, em outros casos, estreitá-la, carregando grande parte dos sedimentos.

Em meio a esse intenso cenário de mudança, é preciso olhar com cuidado o conjunto de areias coletadas e analisadas. As praias são sistemas altamente complexos. Por conseguinte, todas as praias são diferentes [12]. Mais de trinta fatores interferem no espraçamento e muitos outros devem também estar correlacionados, em maior ou menor grau, com a deposição de sedimentos na praia. Dessa forma, apesar de muito esforço, pouco se conseguiu avançar na tentativa de relacionar de uma única forma os dados de ventos, ondas e maré com o mecanismo de deposição das areias monazíticas.

A composição das areias das praias, ao longo de sua extensão, é bastante variada. Diversos minerais são encontrados em diferentes proporções nos vários setores da praia [17 e 19]. Alguns deles sequer existem em outras regiões como, por exemplo, minerais do complexo monazítico. Para tanto, é preciso reconhecer que o conjunto de areias depositadas compõem um sistema que varia no tempo e no espaço.

Neste sentido, o presente trabalho revela seu ineditismo ao analisar temporalmente o comportamento radiométrico das amostras coletadas ao longo de toda a orla de Camburi. As inúmeras coletas de areias desmistificam o critério de homogeneidade radiométrica das praias como levantado em alguns trabalhos [14 e 29] a partir da



coleta de uma única amostra. O levantamento radiométrico de Camburi indica uma possível conexão entre as diferenças no potencial radiológico de seus setores e o modelo de circulação da deriva longitudinal observado na orla [7, 9 e 13].

Os valores mensurados e expostos nesta dissertação revelam significativos desvios em relação ao valor médio, indicando que a incerteza instrumental não é o único parâmetro relevante nas medidas radiométricas das areias coletadas. Neste trabalho o desvio padrão do valor médio de uma grandeza é a incerteza final correspondente aos erros estatísticos das medições, e, na ausência de erros sistemáticos, é a incerteza padrão do resultado final.

Outro importante resultado é a constatação da presença quase exclusiva de radioisótopos na fração branca das amostras. Isso dá um novo rumo à máxima difundida em alguns poucos trabalhos [18] de que a concentração da atividade radioativa é encontrada na fração escura das areias. O fato de as areias monazíticas serem visivelmente reconhecidas em ambiente praiar por sua coloração escura não exprime que sua principal atividade radioativa seja na fração preta. Aliás, pouco ainda se conhece sobre a conexão entre a presença de minerais pesados (fração preta) e o aumento da radioatividade natural promovida pela quantificação de radionuclídeos na fração branca [19] no arcabouço monazítico.

Os resultados dos estudos de difração de raios-X e as análises de MEV/EDS possibilitaram observar a diferença entre as frações branca e preta das amostras estudadas. Enquanto a fração preta é composta basicamente por minerais pesados e com maior resposta magnética como a ilmenita, a hematita e a magnetita; a fração branca tem uma grande concentração de quartzo, fosfatos e óxidos radioativos, como o fosfato de urânio e cério e o óxido de tório e lantânio. O rutilo e o zircão foram encontrados, em diferentes proporções, em ambas as frações estudadas.

Diferentemente de alguns trabalhos [17,19 e 29] não foi detectada a presença significativa de potássio radioativo ( $^{40}\text{K}$ ) nas amostras analisadas. Talvez os métodos empregados não sejam suficientes para a sua detecção.

A granulometria da amostra 01 da região de Iemanjá demonstrou que existe mínima ou nenhuma conexão entre o tamanho dos grãos e a presença de radioisótopos. Fosfatos e óxidos radioativos foram encontrados em todos os quatro grupos estudados. O alto grau de retrabalhamento dos grãos das amostras estudadas, como observado nas imagens de MEV para grãos que não passaram pelo processo de moagem, desvincula a presença das manchas monazíticas do aporte de areia trazido no processo de engordamento artificial da praia. Assim como nas demais praias que não passaram por este processo, os sedimentos foram trazidos pela ação das ondas, dos ventos, das correntes marítimas e das marés até serem depositados na região de espriamento. Um estudo granulométrico mais detalhado, a partir dos dados de tamanho dos grãos utilizados na engorda da praia, colocaria um ponto final nessa discussão.

A continuidade das medições radioativas das amostras pode dar origem a vários outros trabalhos futuros. Para tanto, se faz necessário o aprimoramento das técnicas de separação magnética e o refinamento dos métodos radiométricos.

Por fim, é de suma importância que os recipientes que acondicionam a areia sejam vedados e estocados em local arejado. O decaimento dos átomos de urânio ( $^{238}\text{U}$ ) e tório ( $^{232}\text{Th}$ ) em radônio ( $^{222}\text{Rn}$  com meia-vida de 3,8 dias ou  $^{220}\text{Rn}$  com meia-vida de 55,6 segundos) pode fazer com que esse gás fique acumulado no ambiente e extrapole os níveis toleráveis de dose radioativa por inalação. O local de armazenamento dos frascos de areia também não deve ser usado para as novas contagens sob o risco de anomalias nas leituras a partir da elevação do background.

## Referências Bibliográficas

[1] HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas**: uma revisão bibliográfica. Itajaí, SC: Univale, 1998. p. 21-22.

[2] COSTA, B.R. **Expansão urbana da área norte de Vitória**. Espírito Santo: Cultural, 1989.

[3] MARTIN, L. et al. **Coastal Quaternary formations of the southern part of the state of Espírito Santo (Brazil)**. Na. Acad. Bras. Cien. 68(3): 389-404. 1996.

[4] ESPÍRITO Santo, município de Vitória. **Wikipédia**. Enciclopédia On-Line. Disponível em: <<http://es.wikipedia.org>>. Acesso em: 07 jan. 2010.

[5] GRÁFICO climático para Vitória, **The Weather Channel**. Disponível em: <<http://br.weather.com/weather/climatology/BRXX0259>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

[6] ALBINO, J; PAIVA, D. S.; MACHADO, G. M. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. **Revista Geografares**. Ufes- Vitória, n. 2, p. 63-69, 2001.

[7] MELLO, E. GONZALES, J. de A. Coastal Erosion at Camburi Beach (Vitória, Brazil) and its Possible Relation to Port Works. In: IV International Conference on Coastal and Port Engineering in Development Countries, 1995, Rio de Janeiro – RJ. **Proceedings of the COPEDEC**. v. 1.

[8] KELLER, E. A. **Environmental Geology**. Macmillan Publishing Company. p.521. 1992.

[9] ALBINO, J.; OLIVEIRA, R. M. S. e. **Monitoramento topográfico e granulométrico das areias da praia de Camburi antes, durante e após o engordamento artificial.** In: Simpósio sobre Praias Arenosas, Anais de resumos expandidos. 2000. UNIVALI Itajaí – SC.

[10] ALBINO, J. **Morfodinâmica e processos de sedimentação das praias da Barra e São José do Barreto, Macaé-RJ, ES.** 1993. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

[11] ALBINO, J. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das Praias de Bicanga a Povoação, ES.** 1999. Tese de Doutorado - Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, São Paulo.

[12] SABAINI, R. S. **Determinação da taxa de transporte de sedimentos na zona de espraiamento de um trecho da praia de Camburi, Vitória-ES.** 2008. 114 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

[13] CHACALTANA, J. T. A. et al. **Implantação e Calibração do Modelo Divast para a Baía do Espírito Santo.** In: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 1999. Belo Horizonte. p. 1-14.

[14] COELHO, F. S. et al. Óxidos de ferro e monazita de areias de praias do Espírito Santo. **Química Nova**, Belo Horizonte, v. 28, n. 2, p. 233-237, 2005.

[15] ILMENITA, rutilo e zirconita, **INB (Indústrias Nucleares do Brasil)** . Disponível em: <[http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/Interna2.aspx?secao\\_id=63](http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/Interna2.aspx?secao_id=63)> . Acesso em: 21 mar. 2010.

[16] BERTOLINO, L. C. et al. **Zirconita.** Rio de Janeiro Centro de Tecnologia Mineral (CETEM-MCT).

[17] ANJOS, R. M. et al. Radiometric analysis of Quaternary deposits from the southeastern Brazilian coast. **International Journal of Marine Geology, Geochemistry and Geophysics**, 2006.

[18] A. Malanca.; R. de Pieri.; A. Gazzola. Radiogenic heavy minerals in Brazilian beach sand. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 230 n. 1-2, p. 257-260, 1997.

[19] VEIGA, R. et al. Measurement of natural radioactivity in Brazilian beach sand. **Radiation Measurements**, p. 41 , 2006.

[20] PUPO, J. A. A monazita - nova medicação radioativa natural indicada no tratamento do reumatismo, dermatoses e outras doenças alérgicas. **Revista Médica Brasileira**, São Paulo, v. 27, n. 6, p. 182-184, 1981.

[21] VUOLO, J.H. **Fundamentos da Teoria de Erros**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1996.

[22] HELENE, O.; TSAI, S. P.; TEIXEIRA, R. R. P.; O que é uma medida? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 13, p. 12-29, 1991.

[23] DIONÍSIO, P. H. Sensibilidade do equipamento X Precisão da medida. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 13, p. 30-33, 1991.

[24] DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia Eletrônica de Varredura, Aplicações e Preparação de Amostras**: Materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Porto Alegre: edipucrs, 2007.

[25] MALISKA, A. M. **Microscopia eletrônica de varredura**. Departamento de engenharia mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

[26] IMAGEM por elétrons secundários de grãos de pólen. **Wikipédia**. Enciclopédia On-Line. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Misc\\_pollen.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Misc_pollen.jpg)>. Acesso em: 09 jul. 2011.

[27] PRESS, F. et al. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

[28] AQUINO, R. R. **Avaliação da Radioatividade Natural em Areias das praias da Grande Vitória, Espírito Santo**. Dissertação de mestrado - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), São Paulo, 2010.

[29] AQUINO, R. R., PECEQUILO, B. R. S.  **$^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  analysis in sand samples from some beaches of Great Vitória, Espírito Santo, Brazil: Preliminary results**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), São Paulo, 2009.

[30] SAMPAIO, J. A.; LUZ, A. B. da. **Separação magnética e eletrostática**. Centro de tecnologia mineral (CETEM), Rio de Janeiro, 2004.

[31] EXPLORAÇÃO de monazita no Brasil. **INB - Industrias Nucleares do Brasil**. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/> Acesso em: 07 out. 2011.

[32] RANKING dos depósitos mundiais de tório e urânio. **OECD-Organization for Economic Cooperation and Development**. Disponível em :<http://www.oecd.org> Acesso em: 07 out. 2011.

[33] FOTOGRAFIA da Praia da Sereia, Vila Velha, ES. Foto: Paloma Maia. **Olhares- Fotografia on line**. Disponível em: [http://olhares.uol.com.br/praias\\_da\\_sereia\\_vila\\_velha\\_es\\_foto3288263.html](http://olhares.uol.com.br/praias_da_sereia_vila_velha_es_foto3288263.html). Acesso em: 8 out. 2011.

[34] FOTOGRAFIA da Praia de Jacaraípe, Serra, ES. **Prefeitura Municipal da Serra**. Disponível em: [http://www.serra.es.gov.br/portal\\_pms/ecp/noticia.do?evento=portlet&pAc=not&acao=proc&pIdPlc=&idConteudo=7966](http://www.serra.es.gov.br/portal_pms/ecp/noticia.do?evento=portlet&pAc=not&acao=proc&pIdPlc=&idConteudo=7966). Acesso em: 8 out. 2011.

[35] FOTOGRAFIA da Praia de Camburi no final da década de 60, Vitória, ES. **Blog de Vitória**. Disponível em: [http://4.bp.blogspot.com/\\_FzNqKHQYkbE/TUdzvFmCnLI/AAAAAAAAATsU/ZOhk0JASVTA/s1600/a\\_historia\\_de\\_vitoria\\_\\_pria\\_de\\_camburi\\_\\_4d37561a99ff0-399137-4d37561a9b80e%2B%25281%2529.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_FzNqKHQYkbE/TUdzvFmCnLI/AAAAAAAAATsU/ZOhk0JASVTA/s1600/a_historia_de_vitoria__pria_de_camburi__4d37561a99ff0-399137-4d37561a9b80e%2B%25281%2529.jpg). Acesso em: 10 out. 2011.

# Anexo A – Tabelas de Contagens Radioativas

## 1 - Praia de Camburi, Vitória, ES.

### 1.1 - Região de Iemanjá.

	Medida 01	Medida 02	Medida 03	Medida 04	Medida 05	Medida 06	Medida 07	Medida 08	Medida 09	Medida 10	Medida 11	Medida 12	Medida 13	Medida 14	Medida 15
1	208	225	248	244	214	246	220	223	232	229	233	234	240	249	234
2	57	61	57	47	47	42	52	53	52	46	39	47	45	31	50
3	46	34	37	46	56	47	48	52	45	46	53	44	46	31	52
4	134	132	120	131	126	131	121	94	139	118	137	144	143	149	147
5	150	148	142	147	146	125	156	160	147	161	136	163	144	132	143
6	102	123	92	103	113	96	107	101	99	105	93	108	113	106	91
7	130	118	144	145	138	119	144	131	135	139	140	158	124	143	126
8	54	43	41	40	44	26	54	36	44	42	40	34	44	37	42
9	80	103	103	86	111	94	91	107	92	95	90	102	107	104	104
10	77	72	66	77	78	86	86	72	90	81	77	89	82	90	87
11	74	97	77	96	84	68	72	83	91	98	79	91	75	86	82
12	74	92	80	83	75	76	85	73	85	74	76	86	80	91	107
13	45	66	49	50	71	55	70	55	48	57	52	67	53	56	56
14	43	66	49	70	58	41	48	73	47	63	55	44	58	67	50
15	54	68	47	72	45	40	58	54	49	53	51	62	60	62	48
16	43	55	43	52	39	55	39	46	38	52	50	36	33	35	41
17	137	141	125	135	125	127	108	119	128	108	137	109	128	115	122
18	96	86	77	83	96	93	84	77	81	88	98	89	79	88	68
19	52	61	62	68	60	61	64	75	72	50	63	52	62	63	70
20	63	74	67	56	75	63	69	70	74	82	63	51	70	78	68
21	35	39	43	33	46	51	29	31	40	42	31	38	49	51	48
22	42	48	46	45	58	45	54	55	68	48	45	46	51	65	45
23	41	45	45	48	47	52	60	43	50	60	63	48	54	51	57
24	132	137	122	143	145	130	142	125	136	116	115	130	135	140	123
25	73	82	72	92	82	85	90	75	97	111	84	88	76	84	79
Amostra 01															
Branca	182	177	194	191	165	172	173	199	167	187	152	182	183	172	169
Preta	83	88	87	87	83	73	93	80	87	81	81	76	86	78	75
Soma	Média	Massa (g)	Atividade (Bq)	Variação (σ²)	Desvio Padrão (σ)	Desvio Padrão da Média (σm)		Atividade (100s)/	Massa (kg)	σm/kg		Data Contagem			
3479	231,93	606,82	2,32	152,92	12,37	3,19		382,21	5,26	03/09/09					
726	48,40	376,07	0,48	57,97	7,61	1,97		128,70	5,23	03/09/09					
683	45,53	381,82	0,46	48,41	6,96	1,80		119,25	4,71	14/09/09					
1966	131,07	602,33	1,31	199,07	14,11	3,64		217,60	6,05	22/09/09					
2200	146,67	587,67	1,47	113,67	10,66	2,75		249,57	4,68	01/10/09					
1552	103,47	537,16	1,03	77,55	8,81	2,27		192,62	4,23	14/10/09					
2034	135,60	512,64	1,36	120,54	10,98	2,83		264,51	5,53	14/10/09					
621	41,40	299,87	0,41	48,97	7,00	1,81		138,06	6,03	26/10/09					
1469	97,93	551,57	0,98	79,35	8,91	2,30		177,55	4,17	13/11/09					
1210	80,67	542,68	0,81	53,95	7,35	1,90		148,64	3,49	13/11/09					
1253	83,53	529,38	0,84	90,55	9,52	2,46		157,79	4,64	13/11/09					
1237	82,47	541,29	0,82	83,98	9,16	2,37		152,35	4,37	22/12/09					
850	56,67	386,04	0,57	66,67	8,16	2,11		146,79	5,46	22/12/09					
832	55,47	496,09	0,55	109,12	10,45	2,70		111,81	5,44	05/01/10					
823	54,87	467,16	0,55	77,55	8,81	2,27		117,45	4,87	12/01/10					
657	43,80	351,61	0,44	55,17	7,43	1,92		124,57	5,45	12/01/10					
1864	124,27	538,57	1,24	116,92	10,81	2,79		230,73	5,18	13/01/10					
1283	85,53	463,65	0,86	69,98	8,37	2,16		184,48	4,66	13/01/10					
935	62,33	524,60	0,62	51,67	7,19	1,86		118,82	3,54	13/01/10					
1023	68,20	420,36	0,68	66,74	8,17	2,11		162,24	5,02	13/01/10					
606	40,40	442,02	0,40	56,83	7,54	1,95		91,40	4,4	13/01/10					
761	50,73	472,48	0,51	60,78	7,80	2,01		107,38	4,26	31/03/10					
764	50,93	489,50	0,51	44,50	6,67	1,72		104,05	3,52	31/03/10					
1971	131,40	581,73	1,31	91,54	9,57	2,47		225,88	4,25	31/03/10					
1270	84,67	529,84	0,85	103,67	10,18	2,63		159,80	4,96	31/03/10					
2665	177,67	76,91	1,78	153,38	12,38	3,20		2310,06	41,58	05/10/11					
1238	82,53	250,85	0,83	30,98	5,57	1,44		329,01	5,73	05/10/11					



## 1.2 - Região de Oficiais

Amostra	Medida 01	Medida 02	Medida 03	Medida 04	Medida 05	Medida 06	Medida 07	Medida 08	Medida 09	Medida 10	Medida 11	Medida 12	Medida 13	Medida 14	Medida 15
1	29	40	32	30	31	32	30	29	35	35	34	29	30	30	30
2	34	29	40	31	32	30	35	34	32	30	31	29	41	40	36
3	53	70	55	61	62	65	70	55	65	60	67	60	61	62	66
4	64	49	53	64	50	52	55	59	65	52	54	53	48	50	50
5	40	44	40	39	40	45	38	42	40	41	40	39	45	46	47
6	34	35	39	35	42	41	38	35	38	38	39	40	30	34	36
7	42	43	35	40	41	42	40	40	45	38	39	40	41	42	44
8	31	31	46	49	35	34	35	36	29	32	31	31	44	43	44
9	44	36	37	40	45	42	44	41	43	42	43	44	40	35	36
10	24	39	36	25	26	28	29	35	30	40	38	34	36	29	37
11	36	44	30	34	35	26	28	40	34	38	40	35	34	40	41
12	29	28	43	30	30	32	34	29	30	35	32	33	40	45	44
13	32	41	32	32	30	35	34	36	40	32	33	30	41	37	37
14	49	52	61	55	56	55	50	54	54	58	57	52	53	50	54
15	55	39	33	35	34	38	40	46	32	37	41	44	49	50	35
16	45	32	45	40	45	43	39	38	32	49	50	45	43	46	41
17	28	34	28	28	30	29	29	32	31	30	27	25	30	34	29
18	37	50	39	45	44	42	47	49	52	34	39	45	41	44	46
19	51	53	34	45	50	42	47	53	50	50	52	53	54	55	51
20	60	54	85	59	54	67	66	52	80	90	56	62	52	50	65
21	39	39	22	40	25	25	27	20	36	34	40	38	31	32	30
22	52	43	49	50	52	52	45	57	44	49	49	49	50	53	52
23	60	53	41	44	51	42	49	53	65	60	60	59	58	45	50
24	54	76	85	66	65	62	65	69	72	58	59	81	80	52	66
25	51	54	56	55	54	54	58	50	52	54	53	56	54	55	50

Soma	Média	Massa (g)	Atividade (Bq)	Variância ( $\sigma^2$ )	Desvio Padrão ( $\sigma$ )	Desvio Padrão da Média ( $\sigma_m$ )	Atividade (100s)/ Massa (kg)	$\sigma_m/\text{kg}$	Data Contagem
476	31,73	423,71	0,32	9,50	3,08	0,80	74,89	1,88	10/09/09
504	33,60	438,02	0,34	16,54	4,07	1,05	76,71	2,40	15/09/09
932	62,13	464,06	0,62	26,84	5,18	1,34	133,89	2,88	26/10/09
818	54,53	425,68	0,55	32,98	5,74	1,48	128,11	3,48	22/09/09
626	41,73	469,85	0,42	8,35	2,89	0,75	88,82	1,59	02/10/09
554	36,93	371,23	0,37	10,07	3,17	0,82	99,49	2,21	26/10/09
612	40,80	484,15	0,41	6,03	2,46	0,63	84,27	1,31	30/11/09
551	36,73	447,18	0,37	43,50	6,60	1,70	82,14	3,81	30/11/09
612	40,80	497,26	0,41	11,17	3,34	0,86	82,05	1,74	30/11/09
486	32,40	410,82	0,32	28,83	5,37	1,39	78,87	3,37	22/12/09
535	35,67	376,26	0,36	25,24	5,02	1,30	94,79	3,45	22/12/09
514	34,27	425,93	0,34	34,35	5,86	1,51	80,45	3,55	22/12/09
522	34,80	404,57	0,35	14,03	3,75	0,97	86,02	2,39	22/12/09
810	54,00	439,72	0,54	10,43	3,23	0,83	122,81	1,90	01/02/10
608	40,53	460,85	0,41	47,70	6,91	1,78	87,95	3,87	01/02/10
633	42,20	362,07	0,42	28,31	5,32	1,37	116,55	3,79	01/02/10
444	29,60	361,41	0,30	5,97	2,44	0,63	81,90	1,75	01/02/10
654	43,60	492,03	0,44	24,97	5,00	1,29	88,61	2,62	08/03/10
740	49,33	524,41	0,49	30,10	5,49	1,42	94,07	2,70	08/03/10
952	63,47	485,42	0,63	155,41	12,47	3,22	130,75	6,63	08/03/10
478	31,87	408,44	0,32	46,70	6,83	1,76	78,02	4,32	08/03/10
746	49,73	387,57	0,50	13,35	3,65	0,94	128,32	2,43	08/05/10
790	52,67	450,38	0,53	56,38	7,51	1,94	116,94	4,30	08/05/10
1010	67,33	497,73	0,67	97,95	9,90	2,56	135,28	5,13	08/05/10
806	53,73	501,51	0,54	5,07	2,25	0,58	107,14	1,16	08/05/10

### 1.3 – Região de Entre Piers

Amostra	Medida 01	Medida 02	Medida 03	Medida 04	Medida 05	Medida 06	Medida 07	Medida 08	Medida 09	Medida 10	Medida 11	Medida 12	Medida 13	Medida 14	Medida 15
1	94	108	96	108	120	115	103	125	91	113	133	102	111	100	116
2	36	35	47	43	27	32	35	37	34	33	42	24	48	34	35
3	42	29	25	36	46	35	37	20	41	44	30	33	37	35	41
4	38	39	46	42	39	49	39	50	28	44	37	44	46	37	43
5	42	39	41	56	40	44	58	51	48	45	52	48	44	50	42
6	145	159	151	150	169	173	147	178	175	157	149	155	150	161	135
7	97	110	113	99	97	87	107	102	117	98	112	126	116	114	144
8	137	162	130	149	160	148	115	147	141	125	131	148	143	139	148
9	43	42	33	35	41	27	32	45	31	38	34	23	25	45	31
10	74	71	55	86	64	72	93	68	81	86	77	64	68	95	64
11	23	39	35	20	38	34	24	34	32	40	36	35	34	32	45
12	30	20	35	32	37	40	32	37	38	41	32	29	37	29	22
13	41	31	40	30	28	28	34	38	33	37	36	40	41	42	36
14	32	43	38	41	30	33	27	36	21	43	25	33	23	41	37
15	82	66	89	76	76	69	92	74	88	78	84	83	94	86	73
16	37	38	38	46	34	44	42	32	42	41	48	36	32	35	33
17	61	67	52	66	65	67	71	56	78	69	87	75	78	71	79
18	85	72	75	75	79	86	83	80	75	74	74	87	85	67	104
19	69	72	80	73	79	63	81	70	68	73	77	76	87	50	75
20	34	31	33	45	41	44	46	39	45	29	42	36	29	31	46
21	39	49	26	43	37	40	45	39	31	35	33	40	45	44	62
22	142	120	121	121	119	104	109	136	141	140	111	124	121	119	134
23	127	127	124	146	136	150	127	150	121	136	138	157	156	155	140
24	180	148	139	129	148	163	207	171	194	214	192	203	185	200	205
25	36	56	54	45	51	55	55	48	65	60	84	50	91	52	74
26	132	129	167	151	167	170	149	129	150	162	172	165	145	165	185
27	56	63	58	62	55	67	75	59	55	54	60	54	52	62	55
28	61	58	56	55	57	57	49	59	60	63	61	62	57	69	41
29	50	63	64	63	60	53	55	51	54	55	55	46	52	50	56
30	35	31	33	30	37	35	45	35	66	37	40	42	40	38	54
31	38	33	42	42	41	37	34	38	32	33	30	32	33	34	71
32	79	86	77	81	87	87	90	88	81	85	79	82	81	81	53
33	69	62	65	67	72	71	71	70	75	69	72	74	70	73	64
34	72	64	63	66	61	60	59	60	58	64	65	66	55	64	63
35	61	72	68	59	76	75	70	72	71	69	70	65	71	73	74
36	79	75	88	90	81	82	86	79	75	82	84	87	71	78	80
37	186	181	206	193	138	142	140	138	133	145	147	152	155	149	148
38	126	135	134	131	157	152	148	157	155	147	150	152	148	159	160
39	118	114	108	110	82	96	85	81	100	92	95	97	89	88	105
40	132	124	124	125	131	129	132	140	125	133	131	128	125	130	134
41	130	139	125	139	109	121	108	110	115	103	108	114	112	99	120
Soma	Média	Massa (g)	Atividade (Bq)	Variância ( $\sigma^2$ )	Desvio Padrão ( $\sigma$ )	Desvio Padrão da Média ( $\sigma_m$ )	Atividade (100s)/ Massa (kg)	$\sigma_m/kg$	Data Contagem						
1635	109,00	712,69	1,09	138,86	11,78	3,04	152,94	4,27	11/09/09						
542	36,13	471,78	0,36	43,70	6,61	1,71	76,59	3,62	11/09/09						
531	35,40	481,05	0,35	51,40	7,17	1,85	73,59	3,85	11/09/09						
621	41,40	484,14	0,41	31,26	5,59	1,44	85,51	2,98	11/09/09						
700	46,67	505,78	0,47	33,81	5,81	1,50	92,27	2,97	11/09/09						
2354	156,93	576,74	1,57	151,07	12,29	3,17	272,10	5,5	11/09/09						
1639	109,27	616,66	1,09	194,50	13,95	3,60	177,19	5,84	11/09/09						
2123	141,53	711,62	1,42	158,70	12,60	3,25	198,89	4,57	11/09/09						
525	35,00	376,12	0,35	50,86	7,13	1,84	93,06	4,9	11/09/09						
1118	74,53	571,05	0,75	134,98	11,62	3,00	130,52	5,25	11/09/09						
501	33,40	320,74	0,33	44,54	6,67	1,72	104,13	5,37	11/09/09						
491	32,73	358,16	0,33	37,35	6,11	1,58	91,39	4,41	11/09/09						
535	35,67	374,41	0,36	23,10	4,81	1,24	95,26	3,31	11/09/09						
503	33,53	349,75	0,34	51,98	7,21	1,86	95,88	5,32	11/09/09						
1210	80,67	601,93	0,81	70,10	8,37	2,16	134,01	3,59	11/09/09						
578	38,53	413,45	0,39	25,98	5,10	1,32	93,20	3,18	11/09/09						
1042	69,47	531,75	0,69	84,41	9,19	2,37	130,64	4,46	11/09/09						
1201	80,07	528,45	0,80	78,64	8,87	2,29	151,51	4,33	11/09/09						
1093	72,87	503,40	0,73	75,27	8,68	2,24	144,75	4,45	15/09/09						
571	38,07	479,21	0,38	42,35	6,51	1,68	79,44	3,51	01/10/09						
608	40,53	448,05	0,41	71,27	8,44	2,18	90,47	4,86	01/10/09						
1862	124,13	678,45	1,24	142,84	11,95	3,09	182,97	4,55	06/10/09						
2090	139,33	660,33	1,39	154,24	12,42	3,21	211,01	4,86	06/10/09						
2678	178,53	688,53	1,79	747,98	27,35	7,06	259,30	10,26	06/10/09						
876	58,40	469,18	0,58	215,11	14,67	3,79	124,47	8,07	06/10/09						
2338	155,87	681,51	1,56	285,55	16,90	4,36	228,71	6,4	06/10/09						
887	59,13	480,99	0,59	36,55	6,05	1,56	122,94	3,25	06/10/09						
865	57,67	485,70	0,58	40,67	6,38	1,65	118,73	3,39	07/11/09						
827	55,13	429,66	0,55	28,27	5,32	1,37	128,32	3,19	07/11/09						
598	39,87	387,38	0,40	87,70	9,36	2,42	102,91	6,24	04/01/10						
570	38,00	421,49	0,38	98,14	9,91	2,56	90,16	6,07	04/01/10						
1217	81,13	505,04	0,81	75,12	8,67	2,24	160,65	4,43	04/01/10						
1044	69,60	541,43	0,70	13,83	3,72	0,96	128,55	1,77	04/01/10						
940	62,67	537,18	0,63	16,52	4,06	1,05	116,66	1,95	04/01/10						
1046	69,73	499,64	0,70	23,35	4,83	1,25	139,57	2,5	08/02/10						
1217	81,13	668,97	0,81	27,98	5,29	1,37	121,28	2,04	08/02/10						
2353	156,87	567,21	1,57	524,55	22,90	5,91	276,56	10,43	08/03/10						
2211	147,40	559,08	1,47	117,54	10,84	2,80	263,65	5,01	08/03/10						
1460	97,33	605,70	0,97	135,10	11,62	3,00	160,70	4,95	08/05/10						
1943	129,53	389,24	1,30	20,27	4,50	1,16	332,79	2,99	08/06/10						
1752	116,80	655,10	1,17	147,03	12,13	3,13	178,29	4,78	08/06/10						

## 2 – Praia da Sereia, Vila Velha, ES

Amostra	Medida 01	Medida 02	Medida 03	Medida 04	Medida 05	Medida 06	Medida 07	Medida 08	Medida 09	Medida 10	Medida 11	Medida 12	Medida 13	Medida 14	Medida 15
1	27	38	31	31	32	29	26	33	31	31	32	30	30	31	35
2	30	32	28	30	31	32	33	29	30	30	31	30	31	29	36
3	22	31	25	29	30	29	28	30	26	27	25	27	31	22	31
4	36	31	42	35	36	38	32	40	33	36	40	41	39	36	44
5	27	31	36	22	25	27	26	25	30	31	25	25	30	22	23
6	43	40	45	33	35	36	32	34	37	30	35	35	34	33	36
7	42	28	48	28	30	32	35	40	30	32	32	34	40	41	27
8	34	24	35	30	28	28	29	30	31	31	31	30	32	29	37
9	34	38	36	38	39	36	35	36	37	36	38	38	35	39	40
10	43	40	36	36	40	37	36	36	34	34	32	40	39	36	35
11	43	32	38	22	25	32	37	40	35	40	36	37	37	40	37
12	48	46	45	41	42	41	44	42	41	41	39	45	46	44	37
13	38	28	32	34	35	36	38	29	30	30	31	30	32	34	38
14	47	37	29	33	35	36	40	42	38	34	35	42	44	35	33
15	35	39	30	23	25	24	26	28	22	25	24	21	28	22	26
16	33	45	33	34	35	34	36	32	34	35	35	37	31	30	32
17	34	29	38	33	34	34	30	31	32	31	30	33	33	34	35
18	30	32	39	28	26	25	25	24	28	26	27	30	30	31	25
19	25	37	37	46	40	41	41	45	37	38	35	40	41	41	46
20	38	49	38	31	35	34	35	36	31	29	30	30	30	34	31
21	39	41	38	29	24	25	35	30	36	25	32	29	25	26	26
22	40	35	40	26	38	31	32	30	32	30	28	29	30	30	35
23	45	40	35	32	35	33	32	37	29	31	32	30	30	32	31
24	27	29	28	32	31	30	31	32	32	29	28	30	31	32	32
25	55	30	38	33	35	36	35	32	35	34	35	36	33	34	35
26	42	59	48	29	42	42	45	30	47	42	45	46	43	44	38
27	37	52	40	35	36	37	30	44	35	34	38	36	37	34	43
28	38	38	38	36	37	35	38	26	24	28	30	32	28	27	30
29	36	30	36	32	32	34	33	30	32	34	31	34	31	35	29

Soma	Média	Massa (g)	Atividade (Bq)	Variância ( $\sigma^2$ )	Desvio Padrão ( $\sigma$ )	Desvio Padrão da Média ( $\sigma_m$ )	Média (100s)/ Massa (kg)	$\sigma_m/\text{kg}$	Data Contagem
467	31,13	338,20	0,31	8,41	2,90	0,75	92,06	2,21	11/09/09
462	30,80	329,22	0,31	3,74	1,93	0,50	93,55	1,52	11/09/09
413	27,53	421,64	0,28	9,27	3,04	0,79	65,30	1,86	11/09/09
559	37,27	395,17	0,37	14,07	3,75	0,97	94,31	2,45	11/09/09
405	27,00	332,05	0,27	15,29	3,91	1,01	81,31	3,04	11/09/09
538	35,87	363,01	0,36	16,27	4,03	1,04	98,80	2,87	21/09/09
519	34,60	331,80	0,35	38,69	6,22	1,61	104,28	4,84	25/09/09
459	30,60	411,17	0,31	9,83	3,14	0,81	74,42	1,97	02/10/09
555	37,00	400,23	0,37	3,00	1,73	0,45	92,45	1,12	16/10/09
554	36,93	346,00	0,37	8,50	2,91	0,75	106,74	2,18	26/10/09
531	35,40	359,12	0,35	32,11	5,67	1,46	98,57	4,07	26/10/09
642	42,80	373,29	0,43	8,74	2,96	0,76	114,66	2,05	28/10/09
495	33,00	339,87	0,33	11,71	3,42	0,88	97,10	2,60	06/11/09
560	37,33	407,24	0,37	23,24	4,82	1,24	91,67	3,06	17/11/09
398	26,53	429,64	0,27	24,70	4,97	1,28	61,76	2,99	27/11/09
516	34,40	392,26	0,34	12,11	3,48	0,90	87,70	2,29	27/11/09
491	32,73	430,32	0,33	5,35	2,31	0,60	76,07	1,39	14/12/09
426	28,40	374,71	0,28	14,83	3,85	0,99	75,79	2,65	14/11/09
590	39,33	388,96	0,39	26,81	5,18	1,34	101,12	3,44	22/12/09
511	34,07	363,69	0,34	25,92	5,09	1,31	93,67	3,61	22/12/09
460	30,67	339,67	0,31	33,52	5,79	1,49	90,28	4,40	04/01/10
486	32,40	419,63	0,32	18,40	4,29	1,11	77,21	2,64	12/01/10
504	33,60	408,69	0,34	18,40	4,29	1,11	82,21	2,71	11/02/10
454	30,27	440,96	0,30	2,92	1,71	0,44	68,64	1,00	11/02/10
536	35,73	512,71	0,36	31,92	5,65	1,46	69,70	2,85	20/02/10
642	42,80	451,03	0,43	50,60	7,11	1,84	94,89	4,07	21/02/10
568	37,87	331,60	0,38	27,55	5,25	1,36	114,19	4,09	08/03/10
485	32,33	462,62	0,32	25,52	5,05	1,30	69,89	2,82	31/03/10
489	32,60	399,56	0,33	4,83	2,20	0,57	81,59	1,42	31/03/10

### 3 – Praia de Jacaraípe, Serra, ES

Amostra	Medida 01	Medida 02	Medida 03	Medida 04	Medida 05	Medida 06	Medida 07	Medida 08	Medida 09	Medida 10	Medida 11	Medida 12	Medida 13	Medida 14	Medida 15
1	27	24	27	28	23	27	40	35	25	32	36	30	28	28	37
2	20	28	20	23	24	31	25	35	25	35	18	44	20	29	40
3	40	35	29	24	27	34	29	29	30	31	26	38	28	26	33
4	32	45	46	35	40	42	45	33	39	40	45	31	42	32	38
5	70	77	77	69	68	64	68	57	70	65	72	79	61	82	53
6	35	29	33	24	35	31	29	37	32	27	40	33	27	26	34
7	32	25	33	31	38	24	26	37	35	28	30	32	38	33	28
8	41	40	39	33	39	48	25	34	42	40	49	33	37	49	45
Soma	Média	Massa (g)	Atividade (Bq)	Variância ( $\sigma^2$ )	Desvio Padrão ( $\sigma$ )	Desvio Padrão da Média ( $\sigma_m$ )	Média (100s)/ Massa (kg)	$\sigma_m/\text{kg}$	Data Contagem						
447	29,80	449,47	0,30	25,89	5,09	1,31	66,30	2,92	03/08/2011						
417	27,80	443,31	0,28	61,31	7,83	2,02	62,71	4,56	03/08/2011						
459	30,60	470,01	0,31	20,97	4,58	1,18	65,10	2,52	03/08/2011						
585	39,00	481,59	0,39	28,00	5,29	1,37	80,98	2,84	03/08/2011						
1032	68,80	511,49	0,69	65,31	8,08	2,09	134,51	4,08	03/08/2011						
472	31,47	456,45	0,31	19,84	4,45	1,15	68,94	2,52	03/08/2011						
470	31,33	415,17	0,31	20,52	4,53	1,17	75,47	2,82	04/08/2011						
594	39,60	444,92	0,40	44,54	6,67	1,72	89,00	3,87	04/08/2011						

## **Anexo B – Análises de Raios-X**

### ***1 – Praia de Camburi***

#### **1.1 – Amostra 01 da Região de Iemanjá**

##### **1.1.1 – Fração Branca**

#### ***Sample / Data Collection Details***

##### **Sample**

Sample Name	branca.dat
Data Collected	Sunday, November 29, 2009

##### **Sample Information**

branca.dat

##### **Raw Data**

Data File	D:\Posgrad\Mestrado\Etory\branca.dat
Data Range	4.000 to 120.000 degrees
Number of Points	11601
Step Size	0.010 degrees
Counting Stats	Raw counts

Background	Subtracted
Scale Length	5
Stiffness	1
Feature Width	0.12 degrees

**Radiation**

Target	Cu
Type	Doublet
Wavelengths	1.54056 and 1.54439 Angstroms

**Settings**

Search Range	4 to 120
Data Source	Raw data
Trust Intensities	Yes
Allow Zero Errors	No
Figure of Merit	Multi-phase
Apply Restrictions	Yes

**Matched Materials**

A alpha-Silicon Oxide

Formula	Si O <sub>2</sub>
Pdf Number	77-1060
Figure of Merit	78%
Total Peaks	59
Peaks Matched	55
New Matches	55

Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.944098
Concentration	0.600074
I / Icorundum	1.04

## B Monazite-(Ce)

Formula	( Ce , La , Nd ) P O <sub>4</sub>
Pdf Number	46-1295
Figure of Merit	37%
Total Peaks	38
Peaks Matched	35
New Matches	35
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.15304
Concentration	Not available

## C Cerium Uranium Phosphate

Formula	Ce <sub>.9</sub> U <sub>.1</sub> P O <sub>4</sub>
Pdf Number	79-1828
Figure of Merit	35%
Total Peaks	198
Peaks Matched	114
New Matches	114
Strong Unmatched	0

Peak Shift	0
Scale Factor	0.0844763
Concentration	0.181216
I / Icorundum	3.51

## D Lanthanum Thorium Oxide

Formula	$\text{La}_{1.64} \text{Th}_{2.36} \text{O}_{7.18}$
Pdf Number	75-55
Figure of Merit	23%
Total Peaks	9
Peaks Matched	6
New Matches	6
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.018456
Concentration	0.21871
I / Icorundum	19.39

## E Sodium Thorium Fluoride

Formula	$\text{Na}_3 \text{Th}_2 \text{F}_{11}$
Pdf Number	28-1151
Figure of Merit	26%
Total Peaks	5
Peaks Matched	4
New Matches	4
Strong Unmatched	0



Peak Shift 0  
Scale Factor 0.0145887

Concentration Not available

### ***Peak List***

#### **Peak Search Settings**

Confidence Threshold 90%  
Matched / Total 66 / 97

#### **List of Peaks**

<u>2-Theta</u>	<u>D-Spacing</u>	<u>Intensity</u>	<u>Width</u>	<u>Confidence</u>	<u>Matches</u>
8.797	10.0432	36	0.089	99.6%	
16.921	5.2354	108	0.101	100%	BC
18.341	4.8333	165	0.108	100%	BC
18.868	4.6994	260	0.103	100%	BC
19.951	4.4468	723	0.098	100%	
20.835	4.2600	2027	0.090	100%	A
21.154	4.1964	446	0.128	100%	BC
21.570	4.1163	133	0.110	100%	BC
25.045	3.5526	130	0.094	100%	BC
25.328	3.5135	389	0.106	100%	BC
26.024	3.4211	46	0.150	96.4%	
26.624	3.3453	10777	0.091	100%	A
26.937	3.3072	3392	0.093	100%	BC
27.426	3.2493	177	0.155	100%	DE
28.258	3.1555	47	0.136	99.4%	C

28.743	3.1033	1406	0.110	100%	BC
29.779	2.9977	167	0.108	100%	BC
31.061	2.8769	709	0.111	100%	BC
31.688	2.8214	90	0.110	100%	DE
32.529	2.7503	31	0.098	99.9%	
33.772	2.6519	137	0.104	100%	
34.278	2.6139	104	0.124	100%	B
35.552	2.5231	848	0.107	100%	
36.066	2.4883	77	0.167	100%	
36.543	2.4569	926	0.101	100%	AC
37.302	2.4086	24	0.121	93.1%	BC
37.802	2.3779	22	0.090	97.4%	
38.479	2.3376	253	0.110	100%	C
39.462	2.2816	641	0.099	100%	A
40.282	2.2370	401	0.100	100%	A
40.623	2.2190	103	0.095	100%	
41.121	2.1933	175	0.153	100%	C
41.949	2.1519	162	0.138	100%	BC
42.442	2.1281	627	0.106	100%	AC
43.733	2.0682	395	0.109	100%	
45.413	1.9955	35	0.139	99.4%	DE
45.824	1.9798	606	0.104	100%	AB
47.506	1.9123	91	0.122	100%	C
47.801	1.9012	28	0.087	92.1%	C
48.459	1.8780	235	0.125	100%	C
50.151	1.8186	1933	0.093	100%	AC

50.576	1.8032	66	0.147	100%	AC
51.544	1.7716	33	0.092	93.2%	B
52.110	1.7537	288	0.099	100%	C
53.395	1.7145	770	0.118	100%	
53.985	1.6971	71	0.161	100%	BCD
54.297	1.6881	58	0.161	99.9%	C
54.842	1.6726	448	0.091	100%	A
55.089	1.6668	229	0.081	100%	C
55.299	1.6604	131	0.092	96.9%	AC
55.530	1.6535	302	0.117	100%	BC
57.221	1.6088	53	0.085	99.8%	ABC
59.615	1.5496	49	0.116	96.9%	C
59.930	1.5422	934	0.086	100%	ABC
60.148	1.5371	454	0.081	100%	C
60.945	1.5189	17	0.088	96.2%	C
62.804	1.4786	107	0.096	100%	C
64.005	1.4535	199	0.092	100%	AC
64.234	1.4488	75	0.082	100%	
65.781	1.4189	82	0.091	100%	A
67.728	1.3825	1242	0.087	100%	A
68.120	1.3755	1043	0.081	100%	AC
68.333	1.3718	560	0.082	100%	AC
68.782	1.3639	97	0.088	100%	
73.211	1.2918	88	0.093	100%	CD
73.461	1.2882	333	0.089	100%	AC
75.320	1.2610	115	0.103	100%	CD

75.648	1.2563	471	0.086	100%	A
76.939	1.2382	50	0.091	99.9%	C
77.664	1.2286	283	0.093	100%	A
79.860	1.2001	459	0.089	100%	A
80.703	1.1896	194	0.096	100%	C
81.181	1.1842	386	0.091	100%	AC
81.473	1.1806	332	0.093	100%	AC
82.488	1.1685	46	0.093	100%	C
83.824	1.1532	339	0.092	100%	A
84.947	1.1407	26	0.084	97.4%	AC
87.420	1.1147	45	0.091	99.9%	AC
88.735	1.1017	118	0.103	100%	C
90.818	1.0817	448	0.091	100%	
92.803	1.0639	99	0.095	100%	
93.185	1.0607	62	0.112	99.7%	
94.212	1.0517	74	0.102	100%	
94.671	1.0479	130	0.095	100%	
95.090	1.0445	87	0.154	99.9%	
96.222	1.0347	233	0.095	100%	
98.732	1.0150	256	0.098	100%	
102.206	0.9897	165	0.100	100%	
102.561	0.9873	111	0.101	100%	
103.851	0.9784	83	0.097	100%	
104.192	0.9762	99	0.100	100%	
106.608	0.9607	288	0.099	100%	
114.043	0.9182	86	0.104	100%	
114.451	0.9162	169	0.088	100%	

114.654	0.9151	170	0.088	100%
115.868	0.9089	82	0.095	100%
118.311	0.8972	147	0.098	100%

Card Retrieval

Restrictions

Chemistry

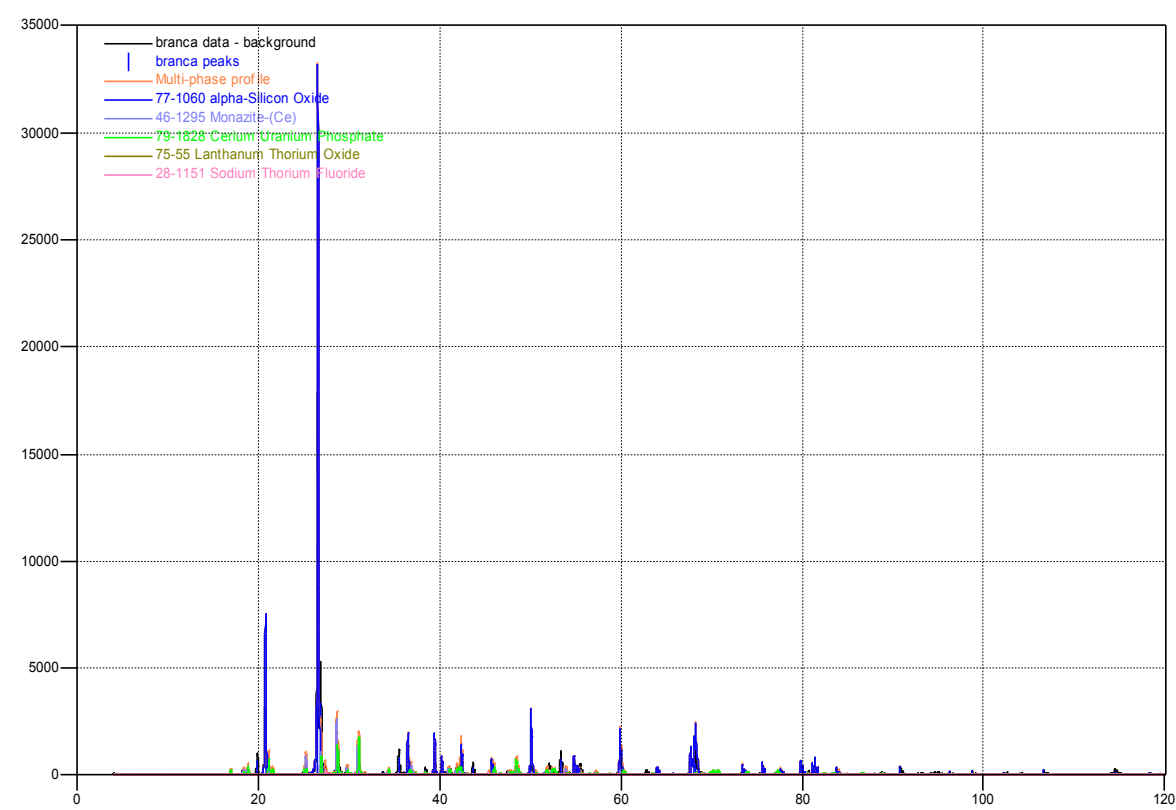
At least one of the following elements must be present:

- P
- Th

Search Results

The search found 15516 matching cards.

Graphics



### 1.1.2 – Fração Preta

#### Sample / Data Collection Details

##### Sample

Sample Name	preta.dat
Data Collected	Sunday, November 29, 2009

##### Sample Information

preta.dat

##### Raw Data

Data File	D:\Posgrad\Mestrado\Etory\preta.dat
Data Range	4.000 to 120.000 degrees
Number of Points	11601
Step Size	0.010 degrees
Counting Stats	Raw counts
Background	Subtracted
Scale Length	5
Stiffness	1
Feature Width	0.18 degrees

##### Radiation

Target	Cu
Type	Doublet
Wavelengths	1.54056 and 1.54439 Angstroms

##### Settings

Search Range	4 to 120
Data Source	Raw data
Trust Intensities	Yes
Allow Zero Errors	No
Figure of Merit	Multi-phase
Apply Restrictions	No

**Matched Materials**

A Ilmenite, syn

Formula	Fe Ti O <sub>3</sub>
Pdf Number	75-1203
Figure of Merit	61%
Total Peaks	38
Peaks Matched	25
New Matches	25
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.799088
Concentration	0.621724

I / Icorundum 2.89

B Iron Tin Oxide

Formula	Fe <sub>1.874</sub> Sn <sub>0.096</sub> O <sub>3</sub>
Pdf Number	88-432
Figure of Merit	51%
Total Peaks	26
Peaks Matched	17

New Matches	17
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.216291
Concentration	0.149068
I / Icorundum	2.56

## C Rutile W-rich

Formula	Ti <sub>.894</sub> V <sub>.069</sub> Sb <sub>.014</sub> W <sub>.022</sub> O <sub>2</sub>
Pdf Number	88-1952
Figure of Merit	36%
Total Peaks	20
Peaks Matched	12
New Matches	12
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.155945
Concentration	0.163734
I / Icorundum	3.9

## D alpha-Silicon Oxide

Formula	Si O <sub>2</sub>
Pdf Number	77-1060
Figure of Merit	41%
Total Peaks	59
Peaks Matched	36
New Matches	36



Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.233848
Concentration	0.0654744
I / Icorundum	1.04

### ***Peak List***

#### **Peak Search Settings**

Confidence Threshold	90%
Matched / Total	49 / 69

#### **List of Peaks**

2-Theta	D-Spacing	Intensity	Width	Confidence	Matches
18.231	4.8622	15	0.143	97.9%	
20.793	4.2684	44	0.128	100%	D
21.147	4.1977	27	0.119	100%	A
23.757	3.7422	324	0.139	100%	A
24.127	3.6856	39	0.145	99.8%	B
25.266	3.5220	50	0.153	100%	
26.600	3.3483	354	0.122	100%	D
26.947	3.3060	80	0.146	100%	
27.393	3.2532	190	0.145	100%	C
28.736	3.1041	67	0.145	100%	
30.070	2.9694	28	0.140	100%	
31.029	2.8798	51	0.166	100%	
31.671	2.8228	105	0.145	100%	
32.499	2.7528	1270	0.138	100%	A

33.065	2.7069	415	0.148	100%	BD
35.227	2.5456	686	0.139	100%	A
35.599	2.5199	198	0.134	100%	B
36.043	2.4898	124	0.164	100%	C
36.526	2.4580	33	0.131	100%	D
38.299	2.3482	50	0.154	100%	A
39.139	2.2997	13	0.123	92.9%	BC
40.277	2.2373	293	0.146	100%	AD
40.785	2.2106	62	0.144	100%	B
41.184	2.1901	78	0.167	100%	C
41.946	2.1521	13	0.171	92.2%	
42.427	2.1288	57	0.145	100%	D
42.984	2.1024	42	0.148	100%	A
43.695	2.0699	39	0.138	100%	
45.425	1.9950	46	0.144	100%	
48.710	1.8679	329	0.158	100%	A
49.370	1.8444	68	0.161	100%	B
50.138	1.8180	63	0.146	100%	D
50.656	1.8005	15	0.141	99.8%	D
53.042	1.7251	538	0.162	100%	A
53.954	1.6980	157	0.153	100%	B
54.243	1.6897	113	0.178	100%	C
56.228	1.6346	106	0.163	100%	A
57.505	1.6013	25	0.199	99.9%	B
59.971	1.5412	26	0.159	100%	D
61.545	1.5055	207	0.174	100%	A
62.345	1.4881	47	0.163	100%	AB

63.269	1.4686	243	0.173	100%	A
63.928	1.4550	50	0.177	100%	BCD
67.676	1.3833	24	0.131	100%	D
68.178	1.3743	29	0.180	100%	AD
68.962	1.3606	13	0.136	96.3%	C
70.101	1.3413	110	0.167	100%	A
71.750	1.3149	50	0.141	100%	B
74.516	1.2723	32	0.167	100%	A
75.295	1.2616	22	0.126	99.8%	B
76.460	1.2448	9	0.150	91.7%	AC
79.031	1.2106	21	0.152	100%	A
79.510	1.2045	39	0.129	100%	AB
79.857	1.2004	29	0.116	100%	CD
80.495	1.1922	15	0.134	96.4%	B
81.038	1.1856	17	0.177	95.7%	AD
83.691	1.1546	38	0.152	100%	AD
87.050	1.1187	45	0.133	100%	AD
88.360	1.1055	14	0.124	92.0%	B
89.677	1.0930	12	0.152	91.8%	
91.494	1.0755	30	0.133	98.2%	
93.468	1.0579	33	0.131	100%	
94.219	1.0516	28	0.133	100%	
100.226	1.0040	16	0.157	97.8%	
103.515	0.9808	19	0.151	95.6%	
104.876	0.9718	29	0.150	99.8%	
106.433	0.9616	45	0.144	100%	
113.167	0.9229	21	0.139	98.9%	

114.576      0.9154      18      0.135      97.1%

**Card Retrieval**

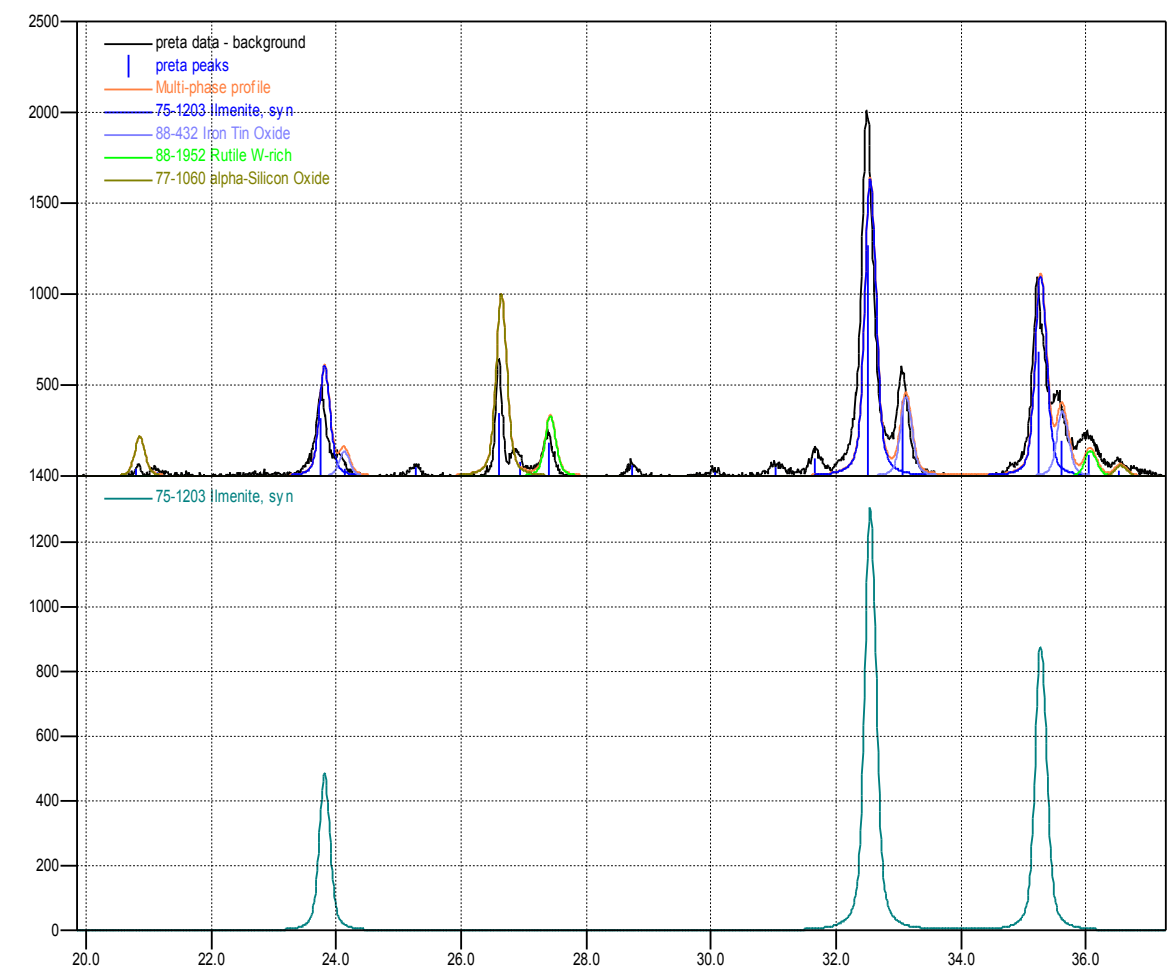
**Restrictions**

No restrictions applied.

**Search Results**

The search found 157048 matching cards.

**Graphics**



## 1.2– Amostra 08 da Região de Entre Piers

### 1.2.1 – Fração Branca

#### ***Sample / Data Collection Details***

##### **Sample**

Sample Name	areia_branca.dat
Data Collected	Monday, August 31, 2009

##### **Sample Information**

areia\_branca.dat

##### **Raw Data**

Data File	D:\Lnls\Medidas\XPD_H_0907\areia_branca.dat
Data Range	8.000 to 97.985 degrees
Number of Points	6000
Step Size	0.015 degrees
Counting Stats	Raw counts
Background	Subtracted
Scale Length	5
Stiffness	1
Feature Width	0.12 degrees

##### **Radiation**

Target	Undefined
Type	Monochromatic
Wavelength	1.23986 Angstroms

**Search-Match****Settings**

Search Range	6.43665 to 74.7933
Data Source	Raw data
Trust Intensities	Yes
Allow Zero Errors	No
Figure of Merit	Multi-phase
Apply Restrictions	No

**Matched Materials**

A alpha-Quartz, syn

Formula	Si O <sub>2</sub>
Pdf Number	85-1053
Figure of Merit	57%
Total Peaks	29
Peaks Matched	28
New Matches	28
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	1.00271
Concentration	0.819755
I / Icorundum	18.37

B Zircon

Formula	Zr Si O <sub>4</sub>
Pdf Number	71-991

Figure of Merit	54%
Total Peaks	31
Peaks Matched	26
New Matches	26
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.57806
Concentration	0.131005
I / Icorundum	5

#### C Titanium Aluminum Niobium Oxide

Formula	$\text{Ti}_{1.6} \text{Al}_{1.2} \text{Nb}_{1.2} \text{O}_2$
Pdf Number	88-1980
Figure of Merit	35%
Total Peaks	20
Peaks Matched	15
New Matches	15
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.10612
Concentration	0.0191344
I / Icorundum	4.05

#### D Cerium Uranium Phosphate

Formula	$\text{Ce}_{0.9} \text{U}_{0.1} \text{P O}_4$
Pdf Number	79-1828

Figure of Merit	30%
Total Peaks	198
Peaks Matched	127
New Matches	127
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.193113
<b>Concentration</b>	<b>0.0301061</b>
I / Icorundum	3.51

### ***Peak List***

#### **Peak Search Settings**

Confidence Threshold	90%
Matched / Total	72 / 111

#### **List of Peaks**

<u>2-Theta</u>	<u>D-Spacing</u>	<u>Intensity</u>	<u>Width</u>	<u>Confidence</u>	<u>Matches</u>
9.341	7.6138	40	0.094	100%	
14.774	4.8218	69	0.105	100%	D
15.198	4.6880	93	0.099	100%	D
16.048	4.4412	1154	0.087	100%	B
16.415	4.3425	21	0.146	98.7%	
16.748	4.2567	758	0.084	100%	A
17.023	4.1884	238	0.081	100%	D
17.345	4.1113	50	0.125	100%	D
20.309	3.5162	218	0.098	100%	D
20.968	3.4069	48	0.153	100%	



21.364	3.3445	3074	0.085	100%	A
21.635	3.3031	2504	0.088	100%	BD
22.012	3.2472	469	0.094	100%	C
23.045	3.1036	846	0.106	100%	D
23.899	2.9941	124	0.102	100%	D
24.907	2.8747	338	0.107	100%	D
25.404	2.8194	151	0.108	100%	
26.274	2.7276	52	0.101	100%	
27.047	2.6510	215	0.092	100%	B
27.460	2.6120	42	0.157	99.9%	D
28.444	2.5233	1203	0.093	100%	B
28.855	2.4881	135	0.138	100%	C
29.257	2.4546	396	0.102	100%	AD
29.867	2.4057	24	0.074	92.9%	D
30.228	2.3776	141	0.099	100%	
30.773	2.3365	366	0.110	100%	BD
31.541	2.2810	303	0.089	100%	A
31.878	2.2574	42	0.119	99.9%	
32.154	2.2386	170	0.091	100%	A
32.442	2.2192	281	0.103	100%	B
32.887	2.1900	577	0.114	100%	CD
33.448	2.1543	172	0.095	100%	D
33.876	2.1279	494	0.092	100%	AD
34.844	2.0705	1143	0.141	100%	B
35.465	2.0354	54	0.087	94.7%	D
36.215	1.9946	161	0.096	100%	
36.518	1.9786	296	0.100	100%	A

36.703	1.9690	88	0.080	99.1%	D
37.834	1.9122	378	0.100	100%	BD
39.882	1.8177	691	0.098	100%	AD
40.229	1.8026	170	0.109	100%	AD
41.062	1.7676	38	0.126	93.6%	D
41.422	1.7529	437	0.098	100%	BD
42.420	1.7135	1604	0.093	100%	B
42.904	1.6951	272	0.097	100%	D
43.114	1.6872	87	0.137	98.7%	CD
43.552	1.6711	293	0.094	100%	A
44.027	1.6539	277	0.138	100%	BD
44.897	1.6235	175	0.094	100%	C
45.302	1.6097	31	0.087	94.7%	AD
46.258	1.5782	27	0.081	97.0%	D
47.128	1.5507	47	0.086	98.4%	BD
47.407	1.5421	467	0.117	100%	AD
47.752	1.5316	39	0.107	93.7%	D
48.854	1.4991	482	0.085	100%	B
49.608	1.4777	445	0.125	100%	BCD
50.519	1.4528	99	0.104	100%	ACD
51.873	1.4174	36	0.092	99.8%	A
52.159	1.4102	29	0.090	99.0%	
53.315	1.3817	528	0.098	100%	AB
53.638	1.3740	334	0.110	100%	AD
54.027	1.3649	235	0.117	100%	B
57.450	1.2899	280	0.100	100%	ABD
57.796	1.2828	68	0.095	99.9%	D

58.210	1.2745	43	0.095	98.7%	CD
58.894	1.2610	354	0.091	100%	BD
59.176	1.2555	335	0.091	100%	A
59.473	1.2498	163	0.094	100%	BD
60.623	1.2283	99	0.096	100%	A
61.279	1.2164	26	0.096	96.7%	BD
62.241	1.1995	302	0.097	100%	AC
62.833	1.1893	451	0.123	100%	BD
63.153	1.1839	85	0.107	100%	AD
63.392	1.1799	174	0.096	100%	ABD
64.119	1.1679	110	0.095	100%	BCD
65.061	1.1528	200	0.101	100%	A
65.852	1.1405	47	0.098	100%	AD
67.883	1.1103	391	0.113	100%	BD
68.514	1.1013	452	0.088	100%	BD
68.823	1.0970	26	0.101	92.2%	D
69.050	1.0938	27	0.078	92.0%	C
69.965	1.0813	322	0.105	100%	
70.982	1.0678	105	0.099	100%	
71.626	1.0595	365	0.099	100%	
72.060	1.0539	279	0.080	100%	
72.267	1.0513	312	0.078	100%	
72.575	1.0475	53	0.096	99.1%	
72.868	1.0438	178	0.106	100%	
73.627	1.0346	44	0.104	97.6%	
75.317	1.0147	233	0.111	100%	
76.388	1.0026	47	0.099	99.8%	

77.610	0.9892	40	0.084	99.3%
77.854	0.9866	60	0.092	100%
79.245	0.9721	163	0.105	100%
80.400	0.9605	109	0.097	100%
81.024	0.9543	28	0.096	95.3%
83.416	0.9318	56	0.095	100%
85.116	0.9166	127	0.111	100%
86.057	0.9085	49	0.096	100%
87.049	0.9002	100	0.108	100%
87.420	0.8971	68	0.121	100%
88.065	0.8919	482	0.091	100%
88.519	0.8883	206	0.111	100%
88.739	0.8865	50	0.084	91.5%
89.080	0.8838	25	0.100	93.1%
89.865	0.8777	155	0.092	100%
92.704	0.8567	148	0.119	100%
94.263	0.8458	21	0.098	94.1%
96.172	0.8331	73	0.085	99.9%
96.735	0.8294	83	0.099	100%
97.394	0.8252	75	0.094	100%

### ***Card Retrieval***

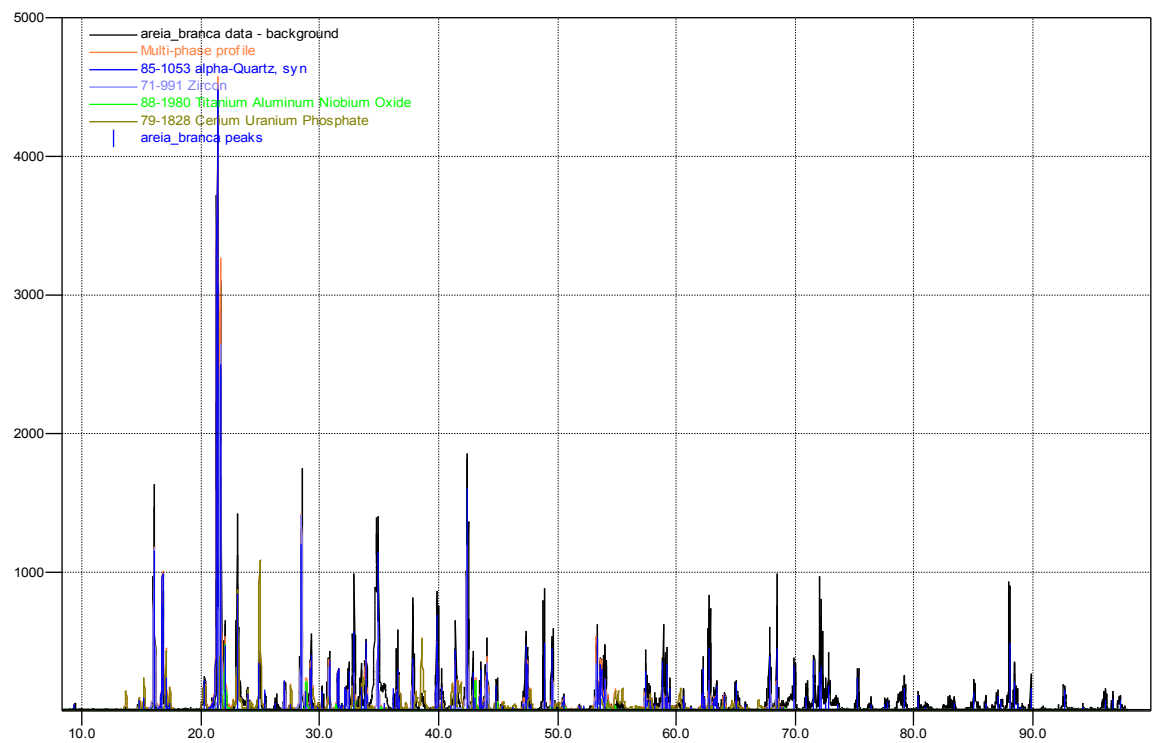
#### **Restrictions**

No restrictions applied.

#### **Search Results**

The search found 157048 matching cards.

Graphics



1.2.2 – Fração Preta

Sample / Data Collection Details

Sample

Sample Name                    areia\_branca.dat  
Data Collected                Monday, August 31, 2009

Sample Information

areia\_branca.dat

Raw Data

Data File                        D:\LnIs\Medidas\XPD\_H\_0907\areia\_branca.dat  
Data Range                      8.000 to 97.985 degrees  
Number of Points                6000

Step Size	0.015 degrees
Counting Stats	Raw counts
Background	Subtracted
Scale Length	5
Stiffness	1
Feature Width	0.12 degrees

**Radiation**

Target	Undefined
Type	Monochromatic
Wavelength	1.23986 Angstroms

***Search-Match*****Settings**

Search Range	8 to 74.7933
Data Source	Raw data
Trust Intensities	Yes
Allow Zero Errors	No
Figure of Merit	Multi-phase
Apply Restrictions	Yes

**Matched Materials**

A alpha-Quartz, syn	
Formula	Si O <sub>2</sub>
Pdf Number	85-1053
Figure of Merit	45%
Total Peaks	29

Peaks Matched	28
New Matches	28
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.533966

**Concentration** 0.665603

I / Icorundum 18.37

#### B Zirkelite

Formula Ca<sub>.84</sub> Na<sub>.31</sub> Th<sub>.26</sub> Ce<sub>.60</sub> Zr<sub>2</sub> Fe Ti<sub>2.16</sub> Nb<sub>.52</sub> Ta<sub>.32</sub> O<sub>14</sub>  
H<sub>.53</sub>

Pdf Number	85-929
Figure of Merit	14%
Total Peaks	123
Peaks Matched	69
New Matches	69
Strong Unmatched	1
Peak Shift	0
Scale Factor	0.415842

**Concentration** 0.171563

I / Icorundum 6.08

#### C Zircon, syn

Formula	Zr ( Si O <sub>4</sub> )
Pdf Number	80-1809
Figure of Merit	50%
Total Peaks	33

Peaks Matched	30
New Matches	30
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.476126
Concentration	0.162834
I / Icorundum	5.04

### ***Peak List***

#### **Peak Search Settings**

Confidence Threshold	90%
Matched / Total	57 / 111

#### **List of Peaks**

2-Theta	D-Spacing	Intensity	Width	Confidence	Matches
9.341	7.6138	40	0.094	100%	
14.774	4.8218	69	0.105	100%	
15.198	4.6880	93	0.099	100%	
16.048	4.4412	1154	0.087	100%	C
16.415	4.3425	21	0.146	98.7%	
16.748	4.2567	758	0.084	100%	A
17.023	4.1884	238	0.081	100%	B
17.345	4.1113	50	0.125	100%	
20.309	3.5162	218	0.098	100%	B
20.968	3.4069	48	0.153	100%	
21.364	3.3445	3074	0.085	100%	AB



21.635	3.3031	2504	0.088	100%	C
22.012	3.2472	469	0.094	100%	
23.045	3.1036	846	0.106	100%	B
23.899	2.9941	124	0.102	100%	
24.907	2.8747	338	0.107	100%	
25.404	2.8194	151	0.108	100%	B
26.274	2.7276	52	0.101	100%	
27.047	2.6510	215	0.092	100%	C
27.460	2.6120	42	0.157	99.9%	
28.444	2.5233	1203	0.093	100%	BC
28.855	2.4881	135	0.138	100%	
29.257	2.4546	396	0.102	100%	A
29.867	2.4057	24	0.074	92.9%	
30.228	2.3776	141	0.099	100%	B
30.773	2.3365	366	0.110	100%	C
31.541	2.2810	303	0.089	100%	A
31.878	2.2574	42	0.119	99.9%	B
32.154	2.2386	170	0.091	100%	A
32.442	2.2192	281	0.103	100%	C
32.887	2.1900	577	0.114	100%	B
33.448	2.1543	172	0.095	100%	
33.876	2.1279	494	0.092	100%	A
34.844	2.0705	1143	0.141	100%	BC
35.465	2.0354	54	0.087	94.7%	B
36.215	1.9946	161	0.096	100%	
36.518	1.9786	296	0.100	100%	A
36.703	1.9690	88	0.080	99.1%	B

37.834	1.9122	378	0.100	100%	BC
39.882	1.8177	691	0.098	100%	AB
40.229	1.8026	170	0.109	100%	AB
41.062	1.7676	38	0.126	93.6%	
41.422	1.7529	437	0.098	100%	BC
42.420	1.7135	1604	0.093	100%	BC
42.904	1.6951	272	0.097	100%	B
43.114	1.6872	87	0.137	98.7%	B
43.552	1.6711	293	0.094	100%	AB
44.027	1.6539	277	0.138	100%	C
44.897	1.6235	175	0.094	100%	
45.302	1.6097	31	0.087	94.7%	AB
46.258	1.5782	27	0.081	97.0%	B
47.128	1.5507	47	0.086	98.4%	B
47.407	1.5421	467	0.117	100%	A
47.752	1.5316	39	0.107	93.7%	B
48.854	1.4991	482	0.085	100%	
49.608	1.4777	445	0.125	100%	BC
50.519	1.4528	99	0.104	100%	AB
51.873	1.4174	36	0.092	99.8%	AB
52.159	1.4102	29	0.090	99.0%	
53.315	1.3817	528	0.098	100%	ABC
53.638	1.3740	334	0.110	100%	AB
54.027	1.3649	235	0.117	100%	
57.450	1.2899	280	0.100	100%	BC
57.796	1.2828	68	0.095	99.9%	B
58.210	1.2745	43	0.095	98.7%	

58.894	1.2610	354	0.091	100%	C
59.176	1.2555	335	0.091	100%	A
59.473	1.2498	163	0.094	100%	BC
60.623	1.2283	99	0.096	100%	A
61.279	1.2164	26	0.096	96.7%	BC
62.241	1.1995	302	0.097	100%	ABC
62.833	1.1893	451	0.123	100%	BC
63.153	1.1839	85	0.107	100%	AB
63.392	1.1799	174	0.096	100%	AB
64.119	1.1679	110	0.095	100%	BC
65.061	1.1528	200	0.101	100%	AB
65.852	1.1405	47	0.098	100%	AB
67.883	1.1103	391	0.113	100%	
68.514	1.1013	452	0.088	100%	C
68.823	1.0970	26	0.101	92.2%	
69.050	1.0938	27	0.078	92.0%	
69.965	1.0813	322	0.105	100%	
70.982	1.0678	105	0.099	100%	
71.626	1.0595	365	0.099	100%	
72.060	1.0539	279	0.080	100%	
72.267	1.0513	312	0.078	100%	
72.575	1.0475	53	0.096	99.1%	
72.868	1.0438	178	0.106	100%	
73.627	1.0346	44	0.104	97.6%	
75.317	1.0147	233	0.111	100%	
76.388	1.0026	47	0.099	99.8%	
77.610	0.9892	40	0.084	99.3%	

77.854	0.9866	60	0.092	100%
79.245	0.9721	163	0.105	100%
80.400	0.9605	109	0.097	100%
81.024	0.9543	28	0.096	95.3%
83.416	0.9318	56	0.095	100%
85.116	0.9166	127	0.111	100%
86.057	0.9085	49	0.096	100%
87.049	0.9002	100	0.108	100%
87.420	0.8971	68	0.121	100%
88.065	0.8919	482	0.091	100%
88.519	0.8883	206	0.111	100%
88.739	0.8865	50	0.084	91.5%
89.080	0.8838	25	0.100	93.1%
89.865	0.8777	155	0.092	100%
92.704	0.8567	148	0.119	100%
94.263	0.8458	21	0.098	94.1%
96.172	0.8331	73	0.085	99.9%
96.735	0.8294	83	0.099	100%
97.394	0.8252	75	0.094	100%

### ***Card Retrieval***

#### **Restrictions**

No restrictions applied.

#### **Search Results**

The search found 157048 matching cards.

## Graphics

